

VIEMÄRIVERKOSTON VUOTOVESIKARTOITUS

LAB-AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Insinööri (AMK)
Energia- ja ympäristötekniikka
Kevät 2020
Seela-Anna Laakso

Tiivistelmä

Tekijä(t) Laakso, Seela-Anna	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Kevät 2020
	Sivumäärä 50 s. + liitteet 3 s.	
Työn nimi Viemäriverkoston vuotovesikartoitus		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Viemärien vuotovedet ovat ympäristöstä viemäriverkostoon johtuvia pohja-, maa- tai hulevesiä, joita ei ole yleensä tarpeellista johtaa jätevedenpuhdistamoille käsiteltäväksi. Vuotovesien pääsy viemäriin vaikuttaa muun muassa jäteveden käsittelyn ja viemäröintijärjestelmien kustannuksiin ja toimintavarmuuteen.</p> <p>Opinnäytetyössä arvioitiin Kirkkonummen kunnan jätevesiverkoston eri osissa syntyviä vuotovesimääriä sekä paikannettiin viemärien vuotokohtia saneeraustarpeiden kartoittamiseksi.</p> <p>Kvantitatiivinen tarkastelu toteutettiin jätevesipumppaamoiden keskivirtaamatietoja hyödyntäen Neuroflux-ohjelmistolla sekä KeyAqua-ohjelmistolla. Opinnäytetyössä tehty tarkastelu perustuu keskivirtausten muutoksiin, joiden havaittiin indikoivan muutoksia myös jätevesivirtaamassa. Vuotovesiselvityksen ja sen yhteydessä tehtyjen tutkimusten avulla pyrittiin minimoimaan jätevesiverkoston vuotovesien määrää sekä paikantamaan viemärien vuotokohtia korjausta varten. Opinnäytetyössä selvitettiin Kirkkonummen kunnan jätevesiverkostoon kertyvää vuotovesien määrää alueittain.</p> <p>Vuotovesien tutkiminen aloitettiin tutkimalla jätevesipumppaamoiden virtaamatietoja Neuroflux-ohjelman avulla. Koska vuotovesien määrän on todettu korreloivan sääolosuhteisiin ja etenkin sateiden määrään, jätevedenvirtaamatietoja verrattiin tilastotuihin sääolosuhteisiin ja niiden perusteella arvioitiin alueet, joiden jätevedenvirtaamaan vuotovedet vaikuttivat merkittävästi.</p>		
Asiasanat jätevesi, jätevesiverkosto, pumppaamo, saneeraus, viemäri, vuotovesi, hulevesi		

Abstract

Author(s) Laakso, Seela-Anna	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2020
	Number of pages 50 p. + appendices 3 p.	
Title of publication Survey of leakage of extraneous water into the sewage network		
Name of Degree Bachelor of Engineering		
<p>Abstract</p> <p>Infiltration and inflow of extraneous water into sanitary sewer systems can be defined as storm-, soil- or groundwater that undesirably enters the sewage network. Processing and treating the extraneous water are generally unnecessary, because of its chemical features and volume. Preventing extraneous water infiltration and inflow to the sewage network ensures that the wastewater treatment plants, and the sewage pumping stations operate normally, and the operational reliability remains stable. The economic efficiency can also be improved by decreasing the amounts of extraneous water in the sewage network.</p> <p>In this thesis work, formation of extraneous water was surveyed in the sewage system of the Kirkkonummi municipality. Leaking parts of the network were located, to be repaired in upcoming sewage rehabilitation. The quantitative analysis was based on the normal flow data of the sewage pumping station and the changes in the water flow. The analysis was executed using the Neuroflux programme and the KeyAqua programme. Possible changes in wastewater flow between sewage pumping stations indicate, that there might be some extraneous water infiltrating or inflowing through the wastewater pipe systems. Leakage survey in the chosen operating area and the other research results will help to decrease for extraneous water in the sewage network. The study revealed that rainwater affected to the amount of extraneous water in the sewage network, and therefore weather information was also followed during the research.</p>		
<p>Keywords</p> <p>wastewater, sewage network, sewage pumping station, sewage rehabilitation, sewage, leakage water, ground water, rainwater</p>		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	VESIHUOLTO	3
2.1	Vesihuolto Suomessa	3
2.1.1	Vesihuoltoverkoston kunto Suomessa	4
2.1.2	Vesihuollon kustannukset	5
2.2	Vesihuoltoverkoston merkitys ja lainsäädäntö.....	5
3	VIEMÄRIVERKOSTO	10
3.1	Viemäriverkoston rakenne ja toiminta	10
3.2	Hulevesien merkitys viemäriverkostossa ja hulevesien lainsäädäntö	11
3.2.1	Viemärointijärjestelmät	12
3.2.2	Viemäriverkon mitoitus	18
3.2.3	Jätevesiputket.....	20
3.2.4	Jätevesipumppaamo.....	22
4	VIEMÄREIDEN KUNTOTUTKIMUS.....	24
4.1	Viemäreiden kunnossapito.....	24
4.2	Viemäreiden kuntotutkimus.....	25
4.3	Tyypilliset virhelähteet viemäriverkon kunnon mallintamisessa	27
5	VUOTOVEDET	28
5.1	Vuotovesien vaikutukset viemäriverkostoissa	28
5.2	Vuotovesien määrään vaikuttavat tekijät.....	29
6	KIRKKONUMMEN VEDEN VUOTOVESITUTKIMUS	31
6.1	Kirkkonummen Vesi.....	31
6.1.1	Neuroflux	32
6.1.2	KeyAqua.....	33
6.2	Vuotovesikartoituksen taustatiedot	33
6.3	Vuotovesikartoitus ja määrittäyskeinot.....	34
6.3.1	Savukoe	34
6.3.2	Kaivotutkimus	35
6.3.3	Viemärikuvaus	35
6.3.4	Pintatutka	36
6.4	Tutkimuskohteet	37
6.4.1	Pumppaamo A.....	37
6.4.2	Pumppaamo B.....	38

6.4.3	Pumppaamo C.....	38
6.4.4	Pumppaamot D, E ja F	39
6.4.5	Pumppaamo G	39
6.4.6	Pumppaamo H.....	39
6.4.7	Pumppaamo I	40
6.4.8	Pumppaamo J	40
7	TUTKIMUSTULOKSET.....	41
8	YHTEENVETO	44
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	45
	LÄHTEET	47
	LIITTEET	51

KÄSITELUETTELO

Käsiteluettelon lähdetietoina on käytetty Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, mitoitus ja suunnittelu RIL 237-1-2010 ohjekirjaa (Karttunen 2010b, 10 - 13), jollei toisin mainita.

Asukasvastineluku	Yhden ihmisen kotitaloudessa aiheuttama keskimääräinen jätevesikuormitus vuorokaudessa (tavallisesti biologinen hapenkulutus BHK, fosfori ja typpi). Keskeinen suure, jonka perusteella määräytyvät jäteveden puhdistamon jäännöspitoisuuden ja poistotehon raja-arvot sekä tarkkailuun sisältyvien näytteiden vuosittainen lukumäärä.
Avoviemäri	Kattamaton viemäri tai oja, jota pitkin jätevedet virtaavat.
BAT	Paras käyttökelpoinen tekniikka, tarkoittaa mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, taloudellisesti ja teknisesti toteuttamiskelpoisia puhdistus- ja tuotantomenetelmiä ja toiminnan ylläpito-, käyttö-, suunnittelu- sekä rakentamistapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä. (Ympäristö 2016.)
Erillisviemäri	Viemäröintijärjestelmä, jossa jätevesi johdatetaan omassa putkiviemärissään ja hulevesi joko omassa erillisessä putkistosaan tai avoviemäreissä.
Haja-asutuksen kuormitusluku	Haja-asutuksen kuormituslukuun sisältyvä yhden asukkaan käsittelemättömien talousjätevesien orgaanisen aineen määrä mitattuna 7 vuorokauden biologisena hapenkulutuksena on 50 grammaa. Kuormituslukuun sisältyvä yhden asukkaan käsittelemättömien talousjätevesin kokonaisfosforin määrä on 2,2 grammaa ja kokonaistypen 14 grammaa vuorokaudessa.
Hulevesi	Rakennetuilta alueilta poisjohdettava sade- ja sulamisvesi. Osa sateesta pidättyy kasvillisuuteen, haihtuu, imeytyy maahan tai jää painanteisiin. Myös perustusten kuivatusvedet luetaan hulevesiksi.
Jakeluvesijohto	Sellainen vesijohto, johon liittyy pelkästään tonttivesijohtoja.

Jätevesi	Lakitermi vesilaissa. Jätevesi on yleensä viemärilaitteiston kautta pois johdettavaa vettä, joka on fysikaalisesti, mikrobiologisesti, kemiallisesti tai muuten likaantunutta nestettä.
Kaksiputkijärjestelmä	(Moniputkijärjestelmässä) varsinaiset jätevedet ja pesuvedet ynnä muut harmaat vedet johdetaan kiinteistöstä tai käyttöpai- kasta lähtien eri viemäreissä.
Keskimääräinen	
vuorokausikäyttö	Vuoden kokonaiskäytön ja vuoden päivien (365 d) osamäärä.
Kokoojaviemäri	Viemäri, johon liittyy kaksi tai useampaa viemäriä.
Käyttöpaine	Paine määrätyssä kulutuspisteessä.
Liittymisaste	Vesi- ja viemärilaitokseen liittyneiden käyttäjien suhteellista osuutta (%) tarkasteltavan alueen (kunnan, taajaman tai muun sellaisen) koko asukaslukuun verrattuna.
Liittymissopimus	Laitoksen ja asiakkaan välinen sopimus, jossa määritellään muun muassa kunnossapitovelvollisuus, liittämiskohta ja pado- tuskorkeudet.
LPS	Paineviemäröintitapa, joka toteutetaan kiinteistökohtaisilla jäte- veden ruuvipumpuilla. Soveltuu alueille, joissa viettoviemäröinti on haasteellista. (SKT 2020.)
Nimellispaine (PN)	Paine, jolle valmistaja on mitoittanut putken tai laitteen (bar).
Ominaiskäyttö	Keskimääräinen vuorokausikäyttö jaettuna kiinteistössä asu- vien asukkaiden lukumäärällä (l/as/d). Se koostuu talousveden, palvelutoimintojen vedenkäytön, teollisuusveden, yleisen ve- denkäytön osuuksista ja vuotovedestä.
Padotuskorkeus	Korkeustaso (mm), jolle jätevesi saa korkeintaan nousta maksi- mivirtaaman aikana.
Paineellinen	
viemäröintijärjestelmä	Jätevesi pumpataan paineelliseen kokoojaviemäriin ja siitä edelleen jäteveden puhdistamolle.
PE	Polyeteeni, vedenpitävä, liukas, kova ja iskunkestävä muovi kylmissäkin lämpötiloissa. Yleinen putkimateriaali viemäreissä.

PVC	Polyvinyylikloridi, vedenpitävä ja kova muovi. Yleinen putkimateriaali viemäreissä.
Purkuviemäri	Jäteveden puhdistamosta vesistöön johtava viemäri.
Päävesijohto	Vesijohto, johon liittyy vähintään kaksi jakeluvesijohtoa. Päävesijohtoja ovat pumppaamoiden ja käyttöalueiden väliset johdot sekä käyttöalueilla olevat tärkeimmät johdot.
Pääviemäri	Viemäri, johon liittyy vähintään kaksi kokoojaviemäriä.
Sadanta	Aikayksikössä tuleva sademäärä (mm/h).
Sekaviemäröinti	Viemäröintimenetelmä, jossa hule-, jäte- ja kuivatusvedet johdetaan samoissa putkiviemäreissä toisiinsa sekoittuneina.
Siirtoviemäri	Viemäriputki, joka johtaa jätevesiä puhdistamoon kauempaa verkostosta tai verkko-osasta. Koostuu yleensä vietto- ja paine- viemäreistä sekä pumppaamoista. Tyypillisesti yksittäisen viemäriosuuden pituus on noin 2 - 6 km. Pituuteen vaikuttaa muun muassa paineiskujen suuruus, hajuhaittojen hallinta ja pumppuilta vaadittava nostokorkeus. (Suppula 2019.)
Talousjätevesi	Talousvesi on vettä, jota käytetään kotitalouksissa juomavetenä ja muihin kotitaloustarkoituksiin, kuten yleisen hygienian ylläpitämiseen. Talousvettä on myös julkisissa tai kaupallisen toiminnanharjoittajan toiminnassa ihmisten käyttöön ja elintarvikkeiden valmistukseen, säilytykseen, jalostukseen ja markkinoille saattamiseen. Talousjätevesi on näin ollen edellä mainituista toimenpiteistä muodostuvaa, poisjohdettavaa ja puhdistusta vaativaa jätevettä. (Valvira 2019.)
Tonttijohto	Tonttivesijohto ja tonttiviemäri.
Tonttivesijohto	Liittymissopimuksessa määritellyn kiinteistön liittämiskohdan ja kiinteistön vesimittarin välinen vesijohto.
Tonttiviemäri	Liittymissopimuksessa määritellyn kiinteistön liittämiskohdan ja kiinteistön tarkastuskaivon välinen johto-osa tarkastuskaivo mukaan lukien. Mikäli kiinteistöllä ei ole tarkastuskaivoa, tonttiviemäri ulottuu rakennuksen perusmuuriin saakka.

Valunta	Aikayksikössä alueelta virranneen veden määrä (mma^{-1} tai mmd^{-1}).
Vesihuoltolaitos	Yhdyskunnan vesihuollosta huolehtiva laitos.
Vesihuoltolaitoksen toiminta-alue	Alue, jolla vesihuoltolaitos toimii ja huolehtii vesihuollosta. Vesi- huoltolain 7 ja 8 §:n mukaan alueelle, jossa toteutuu vesihuol- lon järjestämisvelvollisuus, tulee vahvistaa vesihuoltolaitoksen toiminta-alue. Toiminta-alueen vahvistaa kunta/kunnat.
Viemärin ylivuoto- rakenne	Viemärin kohta, josta viemärivesiä voidaan johtaa viemäreiden tulvimisen tai viemäriveden puhdistamon kapasiteetin ylittymi- sen estämiseksi suoraan vesistöön.
Viemäristö	Järjestelmä, jonka avulla viemärivesi kootaan. Siihen kuuluvat viemärit, viemäriveden pumppaamot sekä ylivuotorakenteet ja muut erikoisrakenteet.
Viemärivesi	Viemäreissä virtaava vesi. Viemärivesi voi sisältää jätevesiä, hulevesiä, vuotovesiä ja kuivatusvesiä.
Viemäröintitapa	Tapa, jolla jäte-, sade- ja perustusten kuivatusvedet johdetaan pois. Tapoja ovat erillisviemäröinti ja sekaviemäröinti sekä näi- den muunnelmat.
Vuotovesi	Pinta- tai pohjavesi, joka pääsee putkissa tai kaivoissa olevien rakojen, halkeamien, liitosten ja viallisten kohtien kautta jäteve- siviemäriin tai poistuu vesijohtoverkosta.

1 JOHDANTO

Vuotovedet viemäreissä ovat vesiä, jotka päätyvät jätevesiverkostoon yleensä pohja- tai hulevetenä verkoston viallisten ja huonosti tiivistetyiden osien tai laittomien liitosten kautta. Varsinainen vuotovesi on pääasiassa pohjavettä, joka suodautuu verkostoon putkien ja tarkastuskaivojen halkeamien kautta. Hulevesi taas on sadevettä, joka vuotaa verkostoon esimerkiksi puuttuvien tarkastuskaivojen kansien kautta. Vuotovesillä tarkoitetaan siis muita kuin vesihuoltolaitoksen laskuttamaa jätevettä viemärissä. Suomessa vuotovesiä on arvioitu olevan viime vuosina ollut yli 30 prosenttia viemärissä virtaavan veden määrästä. Jätevesiviemäriverkon kuntoa voidaan arvioida vuotovesien ja tukosten määrän kautta. Rikkinäiset putkilinjat, heikot putkiliitokset tai viemärikaivon vuotavat saumat ovat tyypillisiä kohteita vuotovesien syntyyn ja kasvuun viemäriverkostossa. Viemäriverkostoon päätyvä vuotovesi aiheuttaa monenlaisia ongelmia verkoston ja jätevedenpuhdistamoiden toimintavarmuudelle. Näitä ovat muun muassa jätevedenpuhdistamoiden kapasiteettiongelmat, mahdolliset ylivuodot sekä prosessinohitukset. Vuotovesien määrää vähentämällä on mahdollista hillitä ylimääräisen veden pumppaamisesta aiheutuvaa sähkönkulutusta sekä estää kapasiteetin vajeesta johtuvia investointikustannuksia ja vähentää käsittelyssä tarvittavien kemikaalien käyttöä sekä energiankulutusta.

Tutkimukset vuotovesien havaitsemiseksi ovat alkaneet Suomessa 1970-luvulla ja vuotovesitutkimuksen menetelmät ovat ajan saatossa suhteellisen vakiintuneet. Pää tavoitteena vuotovesitutkimuksissa on selvittää vuotovesien vuotopaikat ja määrät, jotta korjaaviin ja ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin voidaan ryhtyä. Viemärikuvaukset, viemärikaivojen tarkastukset, savukokeet, virtausmittaukset ja jäteveden kemiallisen laadun mittaaminen ovat yleistyneet vuotovesitutkimuksen menetelmiksi.

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena selvittää valitun toiminta-alueen jätevesiverkoston vuotovesimääriä sekä esittää mahdollisia saneerauskohteita lähitulevaisuudessa. Tämä opinnäytetyö on tehty Kirkkonummen Veden toimeksiannosta syksyn 2019 ja alkuvuoden 2020 aikana. Opinnäytetyössä tarkastellaan toimeksiantajan toiminta-alueen jätevesiverkoston pumppaamoiden valuma-alueita ja verkostossa esiintyviä vuotovesiä ja ylivuotoja sekä ehdotetaan, mitä verkosto-osuuksia tulisi saneerata lähitulevaisuudessa. Viemäriverkostoon epäiltiin pääsevän vuotovesiä erityisesti sateiden aikana. Vuotovesien prosenttiosuudeksi pumpattavasta jätevesimäärästä on arvioitu olevan noin 30 prosenttia.

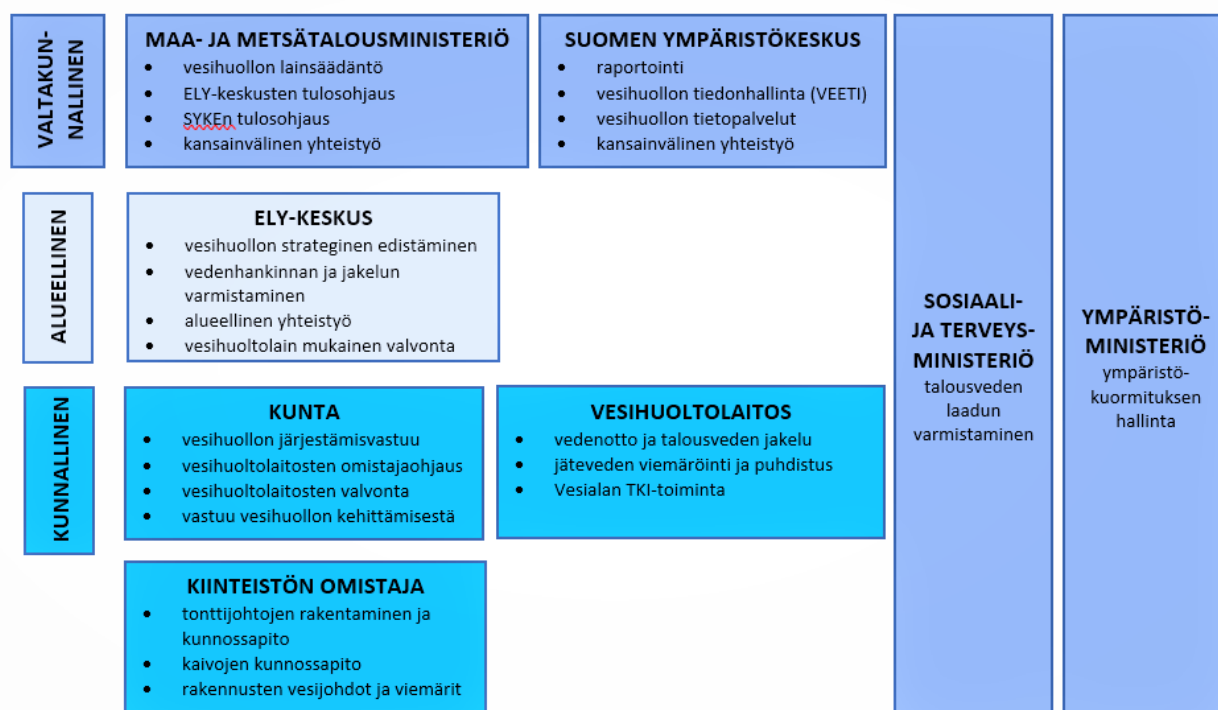
Työn tavoitteena oli paikantaa toimeksiantajan toiminta-alueen viallisia kaivoja ja putkistososuuksia sekä vuotavia viemäreitä käyttäen Neuroflux-pumppaamojen valvontaohjelmiston antamaa dataa. Neuroflux-pumppaamot kertovat valitun pumppaamon normaalin virtausmäärän esimerkiksi vuorokauden aikana. Opinnäytetyössä tarkastellaan epätavallisia

virtausmääriä, joiden havaittiin indikoivan muutoksia jätevesivirtaamassa ja näin ollen mahdollisesta epäsuotuisasta viemärin toiminnasta. Vuotokohtien paikantamisessa käytettiin myös yleisiä vuotovesitutkimuksen menetelmiä, kuten kaivojen tarkastuksia, viemärikuvauksia, pintatutkaa ja savukokeita. Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkastellaan muun muassa Suomen vesihuoltoverkoston toimintaperiaatteita ja sen kuntoa, siihen vaikuttavaa lainsäädäntöä, yleisiä viemäröintitekniikoita ja -tapoja, vuotovesien syntyä ja niiden merkitystä viemäriverkostossa sekä vuotovesikartoituksen tutkimusmenetelmiä.

2 VESIHUOLTO

2.1 Vesihuolto Suomessa

Vesihuoltopalveluiden laajuus ja niiden saatavuus on järjestetty kattavasti Suomessa. Päättävöitteena vesihuollolla on varmistaa laadultaan hyvän talousveden saatavuus, laatuunkäypä viemärointi ja jätevesien puhdistus. Raakavesi hankitaan ensin puhdistettavaksi joko pohja- tai pintavesiesiintymistä ja johdetaan käsittelyn jälkeen putkia pitkin kulluttajalle. Vedestä muodostuu käytön jälkeen jätevetä, joka johdetaan viemäreitä pitkin käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle. Vedet johdetaan puhdistuksen jälkeen takaisin vesiistöön. Jätevedenkäsittelyssä syntyvä liete käsitellään ja sijoitetaan asianmukaisesti. (ROTI 2017.) Vesihuollon vastuut ja tehtävät Suomessa (Kuva 1) on organisoitu kolmelle tasolle, jotka ovat valtakunnallinen, alueellinen ja kunnallinen taso. (Maa- ja metsätalousministeriö 2020.) Kiinteistön omistajalla tai haltijalla on vastuu huolehtia siitä, että kiinteistössä on sen käyttöön ja olosuhteisiin soveltuva jätevesijärjestelmä. Kiinteistön omistaja on siis vastuussa tonttijohtojen rakentamisesta ja niiden kunnossapidosta, rakennusten vesijohdoista ja viemäreistä sekä kaivojen kunnossapidosta. Haja-asustusalueella jokainen kiinteistö veloitetaan puhdistamaan jätevetensä sille asetettujen sääntöjen ja asetus-



ten mukaisesti eli jätevesiasetuksen (157/2017) mukaan. (Jätevesiopas 2019.)

Kuva 1. Yleiskuva Suomen vesihuollon toimijoista ja niiden keskeisistä tehtävistä (Muokailtu MMM 2020)

Suomessa on noin 1500 vesihuoltolaitosta, joista valtaosa on pieniä, haja-asutusalueilla sijaitsevia osuuskuntamuotoisia laitoksia (Vesilaitosyhdistys 2016). Vesijohtoverkostoa on yhteensä noin 107 000 kilometriä ja jätevesi- ja hulevesiviemäriverkostoa noin 50 000 kilometriä (MMM 2020). Yli 90 prosenttia suomalaisista kuuluu vesihuoltolaitosten ylläpitämän vesijohtoverkoston piiriin ja viemäroinnin osalta vastaava luku on keskimäärin 80 prosenttia (VVY 2016). Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoille johdetaan jätevettä käsiteltäväksi ja puhdistettavaksi noin 500 miljoonaa kuutiometriä vuosittain (Laitinen, Nieminen, Saarinen & Toivikko 2014). Haasteita suomalaiselle vesihuollolle aiheuttaa laitosten hajautunut sijoittuminen alueellisesti, infrastruktuurin vanhentuminen, useiden vesihuoltolaitosten puutteelliset talous- ja henkilöstöresurssit sekä ilmastonmuutoksen aiheuttamien sään ääri-ilmiöiden vahvistuminen (MMM 2020).

2.1.1 Vesihuoltoverkoston kunto Suomessa

Vesihuoltoverkoston kunto on heikkenemässä ja verkoston toimintahäiriöt lisääntyvät. Suurin osa Suomen vesi-infrastruktuurista on rakennettu 1960 - 1980-luvuilla ja suurimmissa kaupungeissa verkostojen ikääntyneimmät osuudet saattavat olla yli 100 vuotta vanhoja. (ROTI 2017.) Vesijohdoista noin 30 prosenttia on yli 30 vuotta vanhoja, ja ikääntyneimmissä vesijohto verkosto-osuuksissa on vielä runsaasti valurautaisia putkiosuuksia käytössä. Viemäreistä noin 37 prosenttia on yli 30 vuotta vanhoja ja yli 20 vuotta vanhat viemärit ovat pääsääntöisesti betonia. (Lehto 2015.) Rakennuskauden alkuvaiheessa ja sen ollessa kiireisimmillään putkien materiaalit olivat usein laadultaan heikompia ja kiireen myötä asennustyön laatu myös kärsi. Tämän takia monella kunnalla on edessään lähivuosina äärimmäisen suuret saneeraustoimenpiteet verkostojen lähestyessä teknisen käyttöikänsä loppua. (ROTI 2017.)

Jätevesiviemäriverkon kuntoa kuvaavat vuotovesien laajuus ja määrä verkostoissa sekä mahdolliset tukokset putkistoissa. Puhdistuslaitoksille tulevasta vedestä on vuosien 2010 - 2014 aikana havainnointi vuotovesien osuudeksi 37 – 47 % koko käsiteltävästä jätevesimäärästä. Vuotovesien suuri esiintyvyys verkostossa indikoi viemäreiden välttävästä kunnosta, mutta vuotovesien osuutta jäteveden mukana kasvattavat myös suuret sadannat ja sekaviemärointi. Puhdistusprosessit heikentyvät runsaiden vuotovesien takia. Huonokuntoiset viemärit vaativat enempi huoltoa ja suuri tukosten määrä kertoo vajavaisesti tehdyistä huoltotoimenpiteistä. Viemäriverkostossa oli vuonna 2014 tukoksia noin 8 kappaletta 100 viemärikilometriä kohden. (ROTI 2017.)

2.1.2 Vesihuollon kustannukset

Vesihuollon kustannukset ja investoinnit, joihin sisältyy veden hankinta, johtaminen, käsittely, viemärointi, jäteveden puhdistus sekä lietteen käsittely, katetaan vesihuoltopalveluista muodostuvilla maksuilla. Maksut ovat sidonnaisia veden käyttö- ja käsittelypaikkojen mukaisesti eli niissä noudatetaan aiheuttamisperiaatetta. (VVY 2016). Vesihuoltolaitosten taloudellisella tilanteella on lineaarinen suhde kuntatalouteen huolimatta vesihuoltolaitoksen hallinnollisesta organisaatiomuodosta järjestämisvelvollisuuden kautta. Edellä mainittu järjestely voi joissakin tapauksissa muodostaa haasteita vesihuollon kehitykseen ja verkosto jatkaa rapautumistaan. Rahoituksen riittämättömyyden rinnalla saneeraustoimia voi rajoittaa joukko muita tekijöitä, kuten korjauksen suunnitteluun ja toteutukseen vaadittavien resurssien ja osaamisen puute. Myös verkoston teknistä kuntoa koskeva tieto voi olla vanhentunutta ja puutteellista, mikä vaikeuttaa saneeraustoimenpiteiden ajoitusta ja kohdentamista. (ROTI 2017.) Vuosittaisten korjausinvestointien pitäisi olla noin 3 prosenttia verkostojen pääoma-arvosta ja kokonaispituudesta eli noin 320 miljoonaa euroa vuodessa. Vesihuollon korjaus- ja korvausinvestointeihin käytetään tänä päivänä noin 0,5 - 1 prosenttia verkostojen pääoma-arvosta eli noin 120 miljoonaa euroa vuodessa (MMM 2020.) Saneerausten suunnittelu ja niiden toteutus tulisi pohjautua ajantasaisiin verkostotietoihin. Myös pitkäjänteisyys ja tiivis yhteistyö eri asianosaisten kanssa on avainasemassa onnistuneen saneerauksen toteuttamisessa. Läpinäkyvä ja proaktiivinen viestintä saneeraustarpeista sekä toimenpiteiden luomista hyödyistä, häiriöistä ja taloudellisista vaikutuksista esimerkiksi vesihuoltomaksuihin tukevat hankkeiden valmistelua ja onnistunutta toteutusta. Vesihuollon kehittämissuunnitelmat sisältävät muun muassa verkostojen yksityiskohtaiset saneerausvaatimukset ja ne tarjoavat hyvän apuvälineen hankkeiden suunnitteluun, valmisteluun ja itse toteutukseen. (ROTI 2017.)

2.2 Vesihuoltoverkoston merkitys ja lainsäädäntö

Vesihuoltoverkostot ovat energia- ja liikenneverkostojen ohessa yhteiskuntamme peruspiilareita. Niiden ylläpito ja kehittäminen on taloudellisen hyvinvoinnin, turvallisuuden ja terveellisuuden osalta hyvin merkittävä osa yhteiskunnan normaalia toimintaa. (Karttunen 2010a, 11 - 19.) Vesihuoltopalveluiden on toimittava kaikissa olosuhteissa (VVY 2016). Järjestetyn vesihuollon ylläpitovelvollisuus ja rakentaminen on lähtökohdiltaan yleiseen terveydenhoitoon perustuva tarve. Hygienian ja terveydenhuollon tason parantaminen ovat pitkälti määritelleet sen, miten vettä pitää käsitellä ja millä tavoin se on jaettava vedenkäyttäjille veden laadun kärsimättä. Ensisijaisena ehtona veden toimittamiselle käyttäjille on kuitenkin riittävän vesimäärän saanti ja veden laadukkuus. (Karttunen 2010a, 11 - 19.)

Jäteveden käsittely ja kerääminen ymmärretään vielä paremmin terveydellisenä kysymyksenä, etenkin suurissa kaupunkikeskittymissä. Tällaisissa keskittymissä avoimissa viemäreissä virtaava käsittelemätön jätevesi voi aiheuttaa suuren terveydellisen riskin. Jäteveden käsittelyn tehostamiselle on yhä enenevässä määrin asetettu erilaisia vaatimuksia, muun muassa purkuvesistöjen veden laadun parantamiseksi ja säilyttämiseksi sellaisena, etteivät ne menetä niiden omaa luonnollista itsepuhdistautumiskykyään. (Karttunen 2010a, 11 - 19.)

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) asettaa raamit jäteveden puhdistamiselle. Ympäristön pilaantumisen vaaraa edesauttavalla toiminnalla tulee olla lainmukainen ympäristölupa. Lain mukaan yhdyskuntajätevesien osalta lupavelvollisia ovat jätevedenpuhdistamot, joiden asukasvastineluku on vähintään 100. Selvitys asukasvastineluvusta ja typenpoiston tarpeesta tulee ilmetä yhdyskuntajätevesipuhdistamoa koskevassa ympäristölupahakemuksessa. Lupahakemuksen sisällön määrittää ympäristönsuojeluasetus. (Laitinen ym. 2014.) Ympäristönsuojelulain luvussa 16 määritetään muun muassa jätevesien yleinen puhdistamisvelvollisuus haja-asutusalueilla (Taulukko 1) ja annetaan kriteerit puhdistamisvelvollisuudesta poikkeamiselle. Laki ei määrää käytettävää puhdistuslaitteistoa, vaan siinä asetetaan tavoiteltavat puhdistustehot prosenttilukuina. Puhdistetusta jätevedestä saatuja prosenttilukuja verrataan asetuksessa vaadittuun kuormituslukuun. (Jätevesiopas 2019.) Ympäristönsuojelulaki (527/2014) asettaa kuitenkin säännöt käytettävän tekniikan osalta ja toiminnanharjoittajien on pyrittävä käyttämään parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT-periaate), samoin kuin lupahakemukseen on sisällyttävä arvio parhaan käyttökelpoisen tekniikan soveltamisesta suunnitellussa toiminnassa. Huomioonotettavia asioita talousjäteveden puhdistuksen toiminnanharjoittamisessa ja ympäristölupahakemusta laatiessa ovat kertyvien päästöjen määrä, laatu ja niiden vaikutusten arviointi. Myös energian käytön tehokkuus ja harjoitettavaan toimintaan liittyvien onnettomuusvaarojen ja riskien ennaltaehkäisy täytyy ennalta arvioida. Harjoitettavan toiminnan kaikki mahdolliset vaikutukset ympäristöön on otettava huomioon. Tarkastellessa ja vaikutusten arvioinnissa ympäristölupahakemusta varten on otettava huomioon edeltä mainittujen osatekijöiden yhteisvaikutukset, päästöjen ehkäiseminen ja niiden rajoittamisen kustannukset ja siitä saatavat edut sekä luonnontieteellisen informaation ja tekniikan kehitys. (Laitinen ym. 2014.)

Ympäristönsuojelulaki (527/2014) velvoittaa puhdistuslaitoksia vähentämään talousjätevesien orgaanisen aineen osuuden vähintään 80 prosenttiin, kokonaisfosforin vähintään 70 prosenttiin ja kokonaistypen osalta vähintään 30 prosenttiin. Näitä lukuja verrataan haja-asutuksen kuormitusluvun avulla määritettyyn käsittelemättömän jäteveden

kuormitukseen, ja tätä kutsutaan perustason puhdistusvaatimukseksi. Kuitenkin valtioneuvosto voi asettaa tiukempia säännöksiä koskien talousjätevesien perustason puhdistusvaatimuksen menetelmiä ja mitoitusperusteita. (Ympäristönsuojelulaki 527/2014 154 b §.) Jäteveden käsittelyyn ja siitä syntyvien jätteiden käsittelyyn on säädetty myös maankäyttö- ja rakennuslaissa ja -asetuksessa, terveydensuojelulaissa ja -asetuksessa, jätelaissa, lannoitevalmistelaissa ja vesihuoltolaissa. Myös kunnat voivat asettaa tiukempia paikallisia määräyksiä muun muassa rakennusjärjestyksessä ja ympäristönsuojelumääräyksissä. (Jätevesiopus 2019.)

Taulukko 1. Kuormitusluku ja puhdistusvaatimukset haja-asutusalueella jätevesiasetuksen (157/2017) mukaan (Jätevesiopus 2019)

	Kuormitusluku, g/hlö/vrk	Perustason puhdistusvaatimus, %	Ohjeellinen puhdistusvaatimus, %
Orgaaninen aine	50	80	90
Kokonaisfosfori	2,2	70	85
Kokonaistyyppi	14	30	40

Vesihuoltolaki (119/2001) spesifioi vesihuollon toiminnaksi, jossa käsitellään, johdetaan ja toimitetaan vettä käytettäväksi talousvetenä sekä pois johdetaan ja käsitellään jätevesiä. Kunnilla on velvoite huolehtia asianmukaisesta vesihuoltolaitoksen järjestämisestä, mikäli kuntalaisten tarpeet ja muut syyt sitä vaativat vesihuoltolain mukaan. Sen lisäksi kunnat kantavat vastuun vesihuollon kehityksestä yhteistyössä sidosryhmien kanssa. Vesihuoltolaki määrittää vesihuoltolaitoksille säädökset myös esimerkiksi varautumisesta häiriötilanteita varten, kiinteistöjen liittymisestä vesihuoltoverkostoon ja vesihuoltoon liittyvistä sopimuksista. (Vesihuoltolaki 119/2001.) Laki vesihuoltolain muuttamisesta (681/2014) asetti entiseen lainsäädäntöön muutoksia muun muassa vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen suhteen sekä kiinteistöjen liittymisvelvoitteeseen liittyen. Uusi laki velvoittaa vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella sijaitsevan käyttökohteen tai kiinteistön liittymisen saatavilla olevaan vesihuoltoverkostoon. Laista hyväksytään poikkeamisia esimerkiksi taajaman ulkopuolisilla alueilla, mutta vain jos kiinteistön vesijärjestelmät on rakennettu ennen vesihuoltolaitoksen toiminta-alueen vahvistamista ja muun lainsäädännön määriteltyjen vaatimusten ja asetusten täytyessä. Tällaisissa tapauksissa sovelletaan valtioneuvoston asetusta talousjätevesien hallinnasta viemäriverkostojen ulkopuolisella alueella eli niin kutsuttua jätevesiasetusta (157/2017). (Saarnio 2019.)

Euroopan unioni (EU) vaikuttaa ratkaisevasti jäsenmaidensa jätevesiin ja niiden käsittelyyn. Euroopan unioni on asettanut direktiivin yhdyskuntajätteiden käsittelystä (91/271/ETY), missä veloitetaan EU-maiden keräämään jätevedet kaikilta yli 2000 asukkaan taajamilta. Direktiivi velvoittaa myös jäsenmaat soveltamaan jätevesien käsittelyssä biologista käsittelyä jätevesien puhdistusprosesseissa. Jäsenmaat ovat veloitettuja seuraamaan sekä ylläpitämään jätevedenpuhdistamoidensa puhdistustuloksia ja kuntoa. Jäsenmaiden on toteutettava rajoittavia toimenpiteitä hulevesien hillitsemiseksi, kuten ylivuotojen aiheuttama purkuvesistöjen saastuminen äärimmäisissä tilanteissa, kuten rankkasaateen seurauksena. Lainsäädännöllä pyritään edistämään terveyttä ja suojelemaan vesistöjä yhdyskuntajätevesien kuormitukselta ja sen ensisijainen rooli on ollut EU:n vesien laadun parantamisessa. (Euroopan komissio 2017.)

Suomessa direktiivin ehdot on sisällytetty kansalliseen lainsäädäntöön ja esimerkkinä toimii valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä (888/2006), joka käsittelee syntyneiden yhdyskuntajätevesien käsittelyä ja niiden johtamista. Asetuksessa edellytetään vesihuoltolaitokset integroimaan taajamat toiminta-alueensa jätevesiverkoston piiriin ja sitä sovelletaan ympäristönsuojelulain (157/2014) mukaisesti ympäristölupaa edellyttävään yhdyskuntajätevesien käsittelyyn ja johtamiseen vähintään 100 asukasvastineluvun suuruisilla puhdistamoilla. Myös fosforin ja typen poistolle jätevesien käsittelyssä on laadittu säädöksessä omat raja-arvonsa (Taulukko 2), joista puhdistuslaitosten täytyy pitää kiinni puhdistusprosesseissaan. Sen lisäksi laitokset ovat veloitettuja seuraamaan puhdistuslaitoksen toimintaa ja niissä saavutettuja puhdistustuloksia. Asetus kehottaa kiinnittämään erityishuomiota viemäriverkostossa vuotovesien syntyyn, yhdyskuntajäteveden määrään ja sen laatuun sekä ylivuotovesien aiheuttamaan vesien pilaantumisen määrään ja sen mahdolliseen rajoittamiseen. Asetuksen mukaan jätevesistä on otettava edustavat virtaamaperusteiset 24 tunnin kokoomanäytteet. (Laitinen ym. 2014.)

Taulukko 2. Yhdyskuntajätevesiasetuksen määrittämät vähimmäisvaatimukset eri parametreille ympäristölupaa velvoitettuun toimintaan yhdyskuntajätevesien käsittelyssä ja johtamisessa vähintään 100 avl suuruisilla puhdistamoilla. Pitoisuusarvot kokonaistypen kohdalla ovat vuosikeskiarvoja. (Laitinen ym. 2014)

	Pitoisuus (mg/l)	Poistoteho vähintään (%)
Biologinen hapenkulutus (BHK₇)	30	70
Kemiallinen hapenkulutus (KHK)	125	75
Kiintoaine	35	90
Kokonaisfosfori	3 (avl < 2000) 2 (avl 2000 – 100 000) 1 (avl > 100 000)	80
Kokonaistyyppi	15 (avl 10 000 – 100 000) 10 (avl > 100 000)	70

3 VIEMÄRIVERKOSTO

3.1 Viemäriverkoston rakenne ja toiminta

Viemäriverkoston toiminnan tarkoituksena on koota käyttökohteissa syntyvät jätevedet, johtaa ne jätevedenpuhdistamolle puhdistettavaksi sekä purkaa puhdistettu jätevesi ympäristöön. Edellä mainittujen tekijöiden on toimittava niin, ettei ympäristölle, ihmiset mukaan lukien, aiheudu tarpeettomia haittoja. (Saarnio 2019.) Jätevesiviemäriverkostossa virtaava jätevesi koostuu pääasiassa asumisjätevedestä ja teollisuusjätevedestä. Asumisjätevesi on alkuperältään pääosin vesijohtovettä ja se syntyy kotitalouksissa ja laitoksissa. Laadultaan asumisjätevesi on yleensä tasalaatuista ja määrä noudattaa selvää vuorokausivaihtelua. Teollisuusjätevesi on laadultaan ja määrältään selvästi asumisjätevettä vaihtelevampaa teollisuusalojen, vuodenaikojen ja käytettävien raaka-aineiden mukaisesti. (Ronkainen 2016.) Jätevesien keräily toteutetaan ensisijaisesti putki- ja tunneliviemäreillä (Karttunen 2010a, 114 - 115). Jäteveden virtaamat pyritään saada suunnittelussa virtaamaan kohti puhdistuslaitosta. Jollei tämä ole mahdollista, voidaan vesi pumpata paineviemäreitä pitkin (Lehto 2015.) Viemäroinnille on asetettu tarkat ympäristönsuojelu- ja terveydelliset vaatimukset muun muassa terveyden edistämiseksi ja pohjavesien suojelemiseksi. Jätevesiverkon tiiveydelle on omat vaatimuksensa myös viemärin ulkopuolelta viemäriin johtuville vesille, niin sanotusti vuotovesille. Ne aiheuttavat haittaa tai vaikeuttavat jäteveden puhdistamon prosessien toimintaa. (Karttunen 2010a, 114 - 115.)

Lehdon mukaan vuonna 2015 Suomen viemäriverkostosta oli betonisia viemäreitä noin 24 prosenttia muovisia noin 71 prosenttia ja muista materiaaleista rakennettua noin 5 prosenttia (Lehto 2015). Verkosto koostuu viemäriputkista, tarkastusputkista, tarkastuskaivoista, jätevedenpumppaamoista sekä jätevedenpuhdistamoista. Pääsääntöisesti putkimateriaalina hyödynnetään muovisia PVC- ja PEH-putkia. Puhdistamoille johtavat suuret runkoviemärit koostuvat yleensä betoniputkista. Tarkastuskaivot ja tarkastusputket sijaitsevat yleensä verkoston haarautumiskohdissa sekä vaaka- ja pystytaitteiden kohdalla. Suorille linjaosuuksille tarkastuskaivoja tai tarkastusputkia sijoitetaan tarpeellisin välein verkoston ylläpidon vuoksi. Paineviemäreitä ja jätevedenpumppaamoita hyödynnetään linjaosuuksilla, joita ei ole maaston topografian takia mahdollista toteuttaa painovoimaan perustuvalla viettoviemäroinnillä. Edellä mainittuja viemärointitekniikoita voidaan käyttää pelkkään jäteveden nostamiseen ylemmälle korkotasolle tai sitä voidaan pumpata kilometrien päässä olevaan purkukaivoon. (Ronkainen 2016.) Jäteveden määriä ja virtaamia arvioidaan pumppaamoiden virtaamatiedoista muun muassa pumpun käyntitunneista tai as-tiamittauksena (Laitinen ym. 2014).

3.2 Hulevesien merkitys viemäriverkostossa ja hulevesien lainsäädäntö

Hulevedet eli sade- ja sulamisvedet aiheuttavat ongelmia taajamissa ja niiden hallintaan on vesihuollon toiminnanharjoittajien syytä kiinnittää huomiota. Hulevedet ovat rakennetulla alueella maan pinnalle, muille pinnoille ja rakennusten katoille kertyviä sade- ja sulamisvesiä. Niitä syntyy etenkin lumien sulamisaikana keväällä, kesän aikana rankkasateiden ja syksyn sateisina jaksoina. Muodostuneita hulevesiä viivytetään, imeytetään maaperään tai hyödynnetään niiden syntypaikalla, jolloin niiden sisältämät haitalliset aineet pidentyvät laskeutumalla, suodattumalla ja pidättymällä kasvillisuuteen. Vasta edellä mainittujen toimintojen jälkeen imeytymättömät ja suodattumattomat hulevedet tulisi ohjata pois syntyalueeltaan pääosin suodattavien, avoimien ja virtausta pienentävien uomien kautta ennen vesistöön johtamista. (Ympäristö 2016.)

Kiinteistöjen katto- ja kuivatusvedet kerätään ja johdetaan tavallisesti kiinteistön hulevesijärjestelmän kautta omaan tarkastuskaivoon. Tonttikohmainen hulevesikaivo liitetään katualueella sijaitsevaan hulevesiverkoston tarkastuskaivoon (Salmi 2017.) Hulevedet vaikuttavat ympäristöön niiden sisältämien haitta-aineiden takia heikentämällä purkuvesistöjen ja pohjaveden laatua. Ne voivat aiheuttaa myös tulvariskejä muun muassa katuosuuksilla, pihoilla, viemäriverkostossa sekä purkuvesistöissään. (Ympäristö 2016.)

Hulevesiä koskeva lainsäädäntö sisältyy maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/199), johon on lisätty vuonna 2014 uusi luku 13a hulevesiä käsittelevistä erityisistä säännöksistä (103 a-0 §:t). Uudistus koski samanaikaisesti myös vesihuoltolakia (119/2001), johon lisättiin luku 3a huleveden viemäroinnin järjestämisvelvollisuudesta ja hulevesien hoitamisesta. Lain mukaan kunnan on huolehdittava, että tarvittaessa ryhdytään toimenpiteisiin hulevesijärjestelmän ja vesihuoltolaitoksen hulevesiviemäriverkoston toteuttamiseksi tai hulevesien hallitsemiseksi muulla tavoin (MRL 103 i §). Kunnalla on valtuudet velkoa maksu hulevesijärjestelmän vaikutusalueella olevien kiinteistöjen omistajilta tai haltijoilta ja vesihuoltolain (199/2001) luvussa 17a §:n mukaan kunta voi valtuuttaa vesihuoltolaitoksen hulevesien viemäroinnin järjestäjäksi. Päivitetty laki velvoittaa kiinteistön omistajan vastaamaan itse kiinteistönsä hulevesien eli lähinnä sadevesien hallinnasta kunnan tai vesihuoltolaitoksen ja kiinteistön rajaan asti. (Ulvi 2016.) Hulevesien johtamista jätevesiviemäriin tulisi olennaisesti välttää, koska hulevesien suuri määrä, jäteveteen verrattuna laimeat ravinnepitoisuudet sekä sulamisvesien alhainen lämpötila aiheuttavat häiriöitä jätevesiviemäriverkostossa ja jätevedenpuhdistamolla. Kuitenkin vanhoilla sekaviemärialueilla hulevedet päätyvät jätevesien mukana jätevedenpuhdistamoille. (Hulevesiopas 2019.)

3.2.1 Viemäröintijärjestelmät

Viemärijärjestelmät voidaan eritellä eri tyyppeihin joko viemäriin johdettavien vesien perusteella tai vesien kulkeutumisperiaatteen mukaan (Saarnio 2019). Viemäriverkon pääjärjestelmät ovat

- erillisviemäröinti
- sekaviemäröinti.

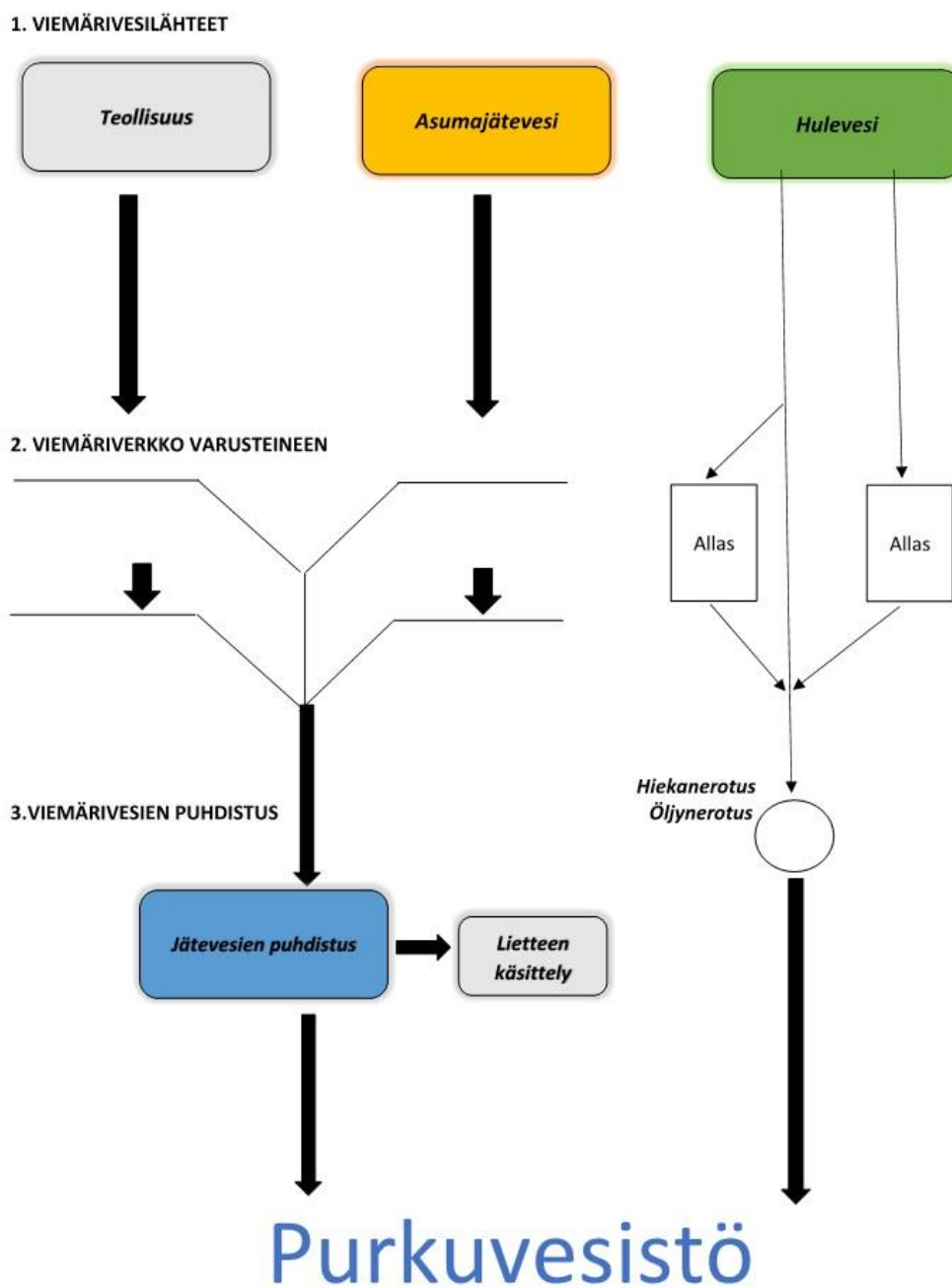
Muita järjestelmiä ovat muun muassa

- kaksiputkijärjestelmä (moniputkijärjestelmä)
- imuviemäröinti
- paineellinen viemäröinti. (Karttunen 2010a, 116.)

Erillisviemäröinnissä (Kuva 2) viemäröintijärjestelmässä jätevesi kulkeutuu omassa putkiviemärissään ja hulevesi joko omassa erillisessä putkistossaan tai avoviemärissä. Perustusten kuivatusvesi pyritään johtamaan hulevesien kanssa, mikäli hulevesiviemäri on riittävän syvällä. Tiheästi rakennetuilla alueilla erillisviemäröintiin kuuluvat jätevesi- sekä hulevesiviemärit. Hulevesiviemärit johdetaan vesistöihin asti tai ne johdetaan sopivaa avo-ojaan tonttialueen ulkopuolelle. Harvaan rakennetussa ympäristössä ja maaseudulla on yleensä vain jätevesiviemäröinti ja hulevedet johdetaan kaivettuihin oja-alueisiin. (Karttunen, 2010a, 117.) Hulevesiviemäröinnillä pyritään pintojen nopeaan kuivatukseen ja vesien poisjohtamiseen. Hulevesiviemäröintijärjestelmää pystytään hyötykäyttämään muun muassa puistojen ja golfkenttien kastelussa ja pölynsidonnassa, siinä tapauksessa jos hulevesiä ei pureta vesistöihin. (Lehto 2015.)

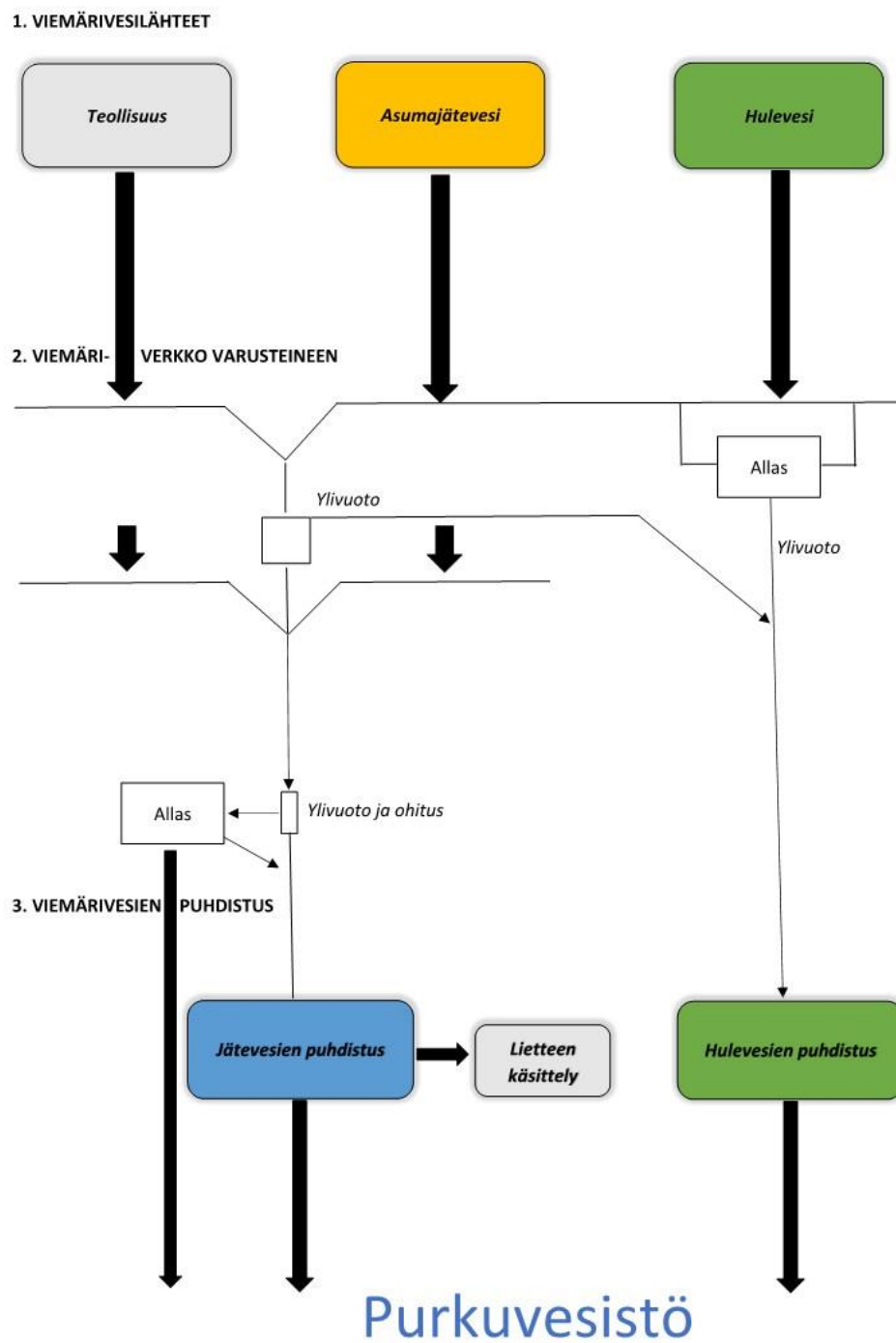
Erillisviemäröinnillä kyetään vähentämään vuotovesiä ja erillisviemäröidyltä alueelta tuleva virtaama on usein vakaampaa kuin sekaviemäröidyltä alueelta, eikä rankkasateiden vaikutus näy merkittävästi virtaaman suuruudessa. Erillisviemäröidyllä alueella tapahtuu harvemmin viemärien ylivuotoja ja kellaritulvia. Alueiden viemäröintejä on mahdollista toteuttaa osittaisella erillisviemäröinnillä, jossa kaduilta johtuville hulevesille rakennetaan erillinen hulevesiviemäri, jolla aikaansaadaan osittainen jätevesien ja hulevesien erottelu nopeammin ja edullisemmin kuin jätevesien ja hulevesien kokonaan erottamisella

toisistaan. Edellä mainittu viemäröintitapa on harkinnanalainen kiinteistöille, joissa huolehditaan itse omista hulevesistä. (Lehto 2015.)



Kuva 2. Yleiskuva erillisviemäröintijärjestelmästä (Mukailtu Karttunen 2010a, 116)

Sekaviemäröinti (Kuva 3) on viemäröintijärjestelmä, jossa jäte-, hule- ja kuivatusvedet johdetaan samoissa putkiviemäreissä toisiinsa sekoittuneena. Tunnusomaisia sekaviemäröintijärjestelmälle ovat myös tulvakynnysrakenteet. Kyseinen viemäröintitapa on toiminut pääasiallisena viemäröinnin muotona pitkään. Sekaviemäröinti on osittain käytössä suomalaisissa kunnissa, mutta vesihuoltolaitosten laajentumisen sekä sen aiheuttamien ongelmien vuoksi sekaviemäröinnistä ollaan osittain luopumassa. Hulevesistä on sekaviemäröinnin yhteydessä sekä hyötyä että haittaa. Massiiviset hulevesivirtaamat huuhtelevat tehokkaasti sekaviemäreitä, mutta tulva-aikoina viemärivesi valuu vaivattomasti tulvakynnysten kautta suoraan vesistöön. Etenkin rankkasadetahtumien aikaan sekaviemäröinti osoittautuu tulvaherkäksi viemärirakenteeksi ja sen vuoksi on käytetty tulvakynnysrakenteita. Tulvakynnysrakenteilla ohjataan suurimpien virtauksien aikana virtaama suoraan vesistöihin ja tarkoituksena on näin estää viemärin tulviminen. Tulvakynnysrakenteen avulla voidaan viemäreissä välttää liian suuret putkikoot. Uusia sekaviemäröitäviä alueita ei suositella otettavaksi käyttöön ja sekaviemäröinnillä toimivia alueita kannustetaan mahdollisuuksien mukaan muuttaa erillisviemäröidyiksi. (Karttunen 2010a, 118.) Sekaviemäröinnissä käsiteltyjen vesien laatu ja määrä vaihtelevat merkittävästi enemmän kuin erillisviemäreissä, jolloin edellä mainittu viemäröintitapa aiheuttaa enemmän räsitystä putkisto-osuuksille, jäteveden pumppaamoille- ja puhdistamoille. Sekaviemäröinnin etuna voidaan pitää putkiston tuulettumista kuivalla säällä, sillä putket ovat suurimmaksi osaksi ilman täyttämiä. Tämä vähentää korroosiovaurioita, jotka ovat peräisin hapettomista oloista putken sisällä, myös hajuhaittojen vähyys on ominaisempaa sekaviemäröidylle alueelle. (Lehto 2015.)



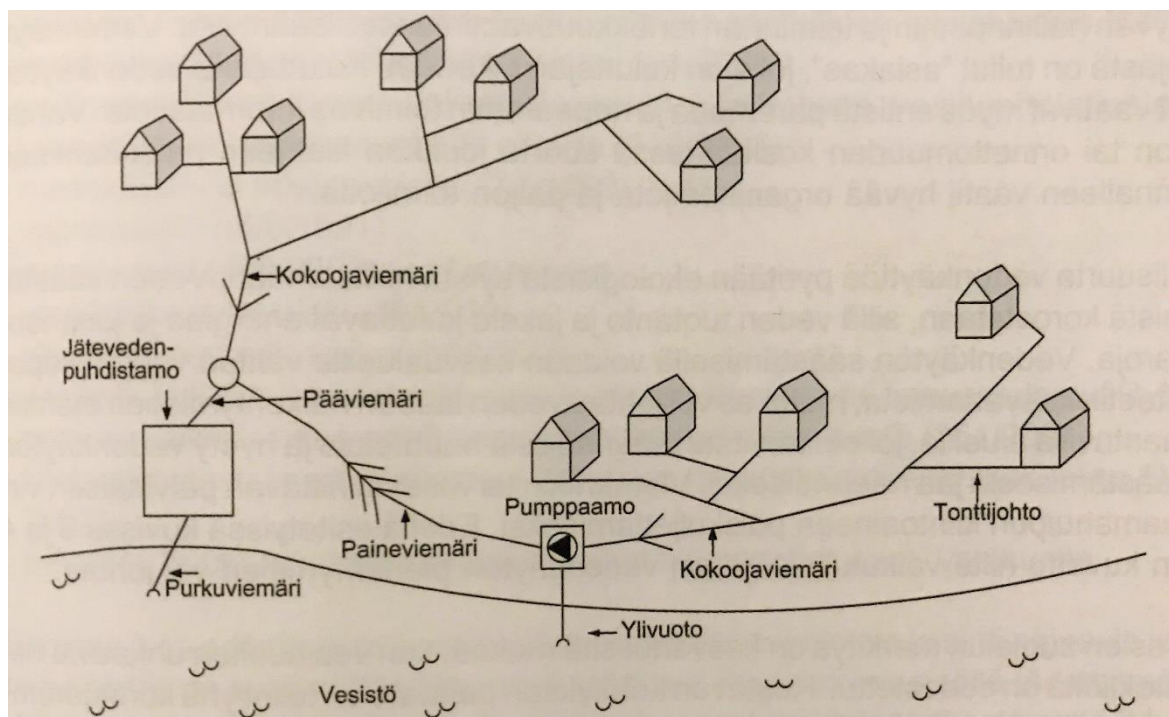
Kuva 3. Yleiskuva sekaviemäröintijärjestelmästä (Mukailtu Karttunen 2010a, 117)

Viemäriverkon tavallinen toimintatapa perustuu putkien kaltevuudesta aiheutuvaan virtaukseen. Painovoima aikaansaa jäteveden liikkeen, ja tätä toimintaperiaatetta noudattava viemäröintiä kutsutaan viettoviemäröinniksi. Johtolinjojen rakennuskustannusten alenemiseksi ja jäteveden käsittelyn yksinkertaistamiseksi on tavoiteltu kehittämään pump-paukseen perustuvia järjestelmiä. (Karttunen 2004, 454.)

Kaksiputkijärjestelmässä varsinaiset jätevedet ja harmaat vedet johdetaan käyttöpaikoista lähtien omissa viemäreissään. Tällaisen menetelmän etuna on, että puhdistettavaa jätevettä tulee puhdistamoille huomattavasti vähemmän kuin perinteisillä viemäröintimenetelmillä. Myös jäteveden laatu on tasaisempaa ja väkevämpää kuin nykyisillä menetelmillä johdettu jätevesi. Muu kuin varsinainen jätevesi, harmaa jätevesi voidaan puhdistaa kevyemmällä toimenpiteillä ja mahdollisuus on myös kierrättää sitä. (Karttunen 2010a, 118.)

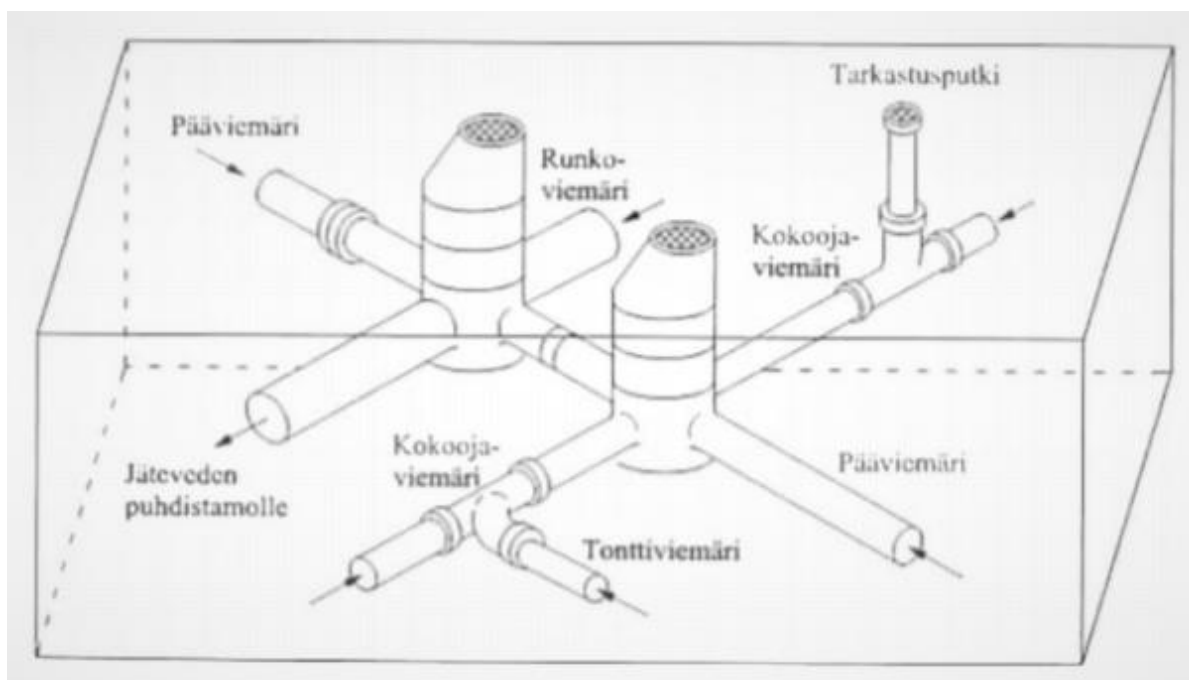
Imujärjestelmä perustuu järjestelmään, jossa toimintayksikkönä toimii imua käyttävä kam-mio, jossa ylläpidetään normaalia pienempää painetta. Säiliö toimii varastotilana, josta jätevesi on jaksoittain tai jatkuvasti pumpattava pois. (Karttunen 2010a, 118.)

Paineellinen viemäröintijärjestelmä perustuu jäteveden pumpppaamiseen paineelliseen runkoviemäriin. Paineputki myötäilee maaston muotoja ja voi kulkea samassa syvyydessä koko matkan. Jäteveden viipymä on paineellisessa viemäröintijärjestelmässä tavallisesti pitkä ja se saattaa aiheuttaa hajuriskin paineviemanin purkupisteen tuntumassa. (Karttunen 2010a, 118.)



Kuva 4. Jätevesiverkon toiminta (Saarnio 2019)

Käyttökohteissa syntyvät jätevedet johdetaan tonttijohtojen kautta kokoojaviemäriin, jotka yhdistetään pääviemäriin. Pääviemärit kuljettavat viemäriverdet edelleen jäteveden puhdistamolle kuvan 4 mukaisesti. (Karttunen 2010a, 26.) Viemärien suunnittelussa tavoitellaan mahdollisuuksien mukaan käyttämään viettoviemäreitä (Kuva 5), jolloin välttyään pumppaamoiden vaatimista huoltotoimista ja paineviemärien hajuhaitoista sekä vaativista työmaajärjestelyistä. Viemäriverkko-osuuksille rakennetaan tarvittavien välein tarkastuskaivoja, joiden välillä putket ovat suoria. Haja-asutusalueilla saattaa olla edullisempaa käyttää paineviemäreitä. Viemärit pyritään sijoittamaan katu- tai muulle yleiselle alueelle. (Karttunen 2010a, 27.)



Kuva 5. Viettoviemärin tyypillinen rakenne (Saarnio 2019)

Viemäristön putkiosat ovat seuraavat:

- pääviemärit (mukaan lukien siirtoviemärit)
- kokoojaviemärit
- tonttiviemärit (Karttunen 2010a, 27).

3.2.2 Viemäriverkon mitoitus

Jätevesiviemäristön mitoituksessa on päätavoitteena vesihuoltolain 1.luvun 1§:n mukaan turvata terveyden- ja ympäristönsuojelun kannalta hyväksyttävä viemärointi. Myös muut lainsäädökset on otettava huomioon, kuten viemäriverkkojen johtamista ja käsittelyä koskevat vaatimukset. Vaatimukset tarkoittavat käytännössä jätevesien, kuivatusvesien ja hulevesien johtamista kiinteistöistä ja käyttöpaikoilta niin, että rakennus- ja käyttökelpoisuus taataan sekä asumisen terveydellisyys- ja viihtyisyysvaatimukset turvataan. (Karttunen 2010b, 45.) Sen lisäksi jätevesiviemäriverkon suunnittelussa on otettava huomioon seuraavat tekijät:

1. Viemäroinnin toimintavarmuus tulee pyrkiä saamaan mahdollisimman hyväksi, tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet huomioon ottaen. Viemäroinnin rakentaminen, asianmukainen kunnossapito ja käyttö tulee voida suorittaa mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti ja taloudellisesti ottaen huomioon myös hyvälle asuinympäristölle asetettavat kriteerit.
2. Olemassa olevien viemäreiden käyttökapasiteetti tulee pyrkiä käyttämään hyödyksi mahdollisimman tehokkaasti.
3. Vuotovesien määrä tulee pitää minimissä. Olemassa olevia viemärointeja tulisi parantaa viemäristön johtokyvyn parantamiseksi sekä käyttö-, kunnossapidon ja muiden kustannusten alentamiseksi.
4. Viemäroinnin aiheuttamat kustannukset pitää pyrkiä minimoimaan ottaen huomioon toiminnallisten tekijöiden asettamat rajoitukset.
5. Viemäroinnilla pyritään ehkäisemään vesistöjen liikakuormitusta, pilaantumista sekä edistämään vesien virkistys ja muuta käyttöä. (Karttunen 2010b, 45.)

Vedenjakelujärjestelmän eri osien mitoitus perustuu vedenkäytön suuruudesta, jakautumisesta ja vaihteluista laadittuihin ennusteisiin. Ennusteiden pohjana toimivat asutuksen, palvelutoimintojen ja teollisuuden laajuuden sekä ominaiskäytön tai muun yksikkökäytön tulevaa kehitystä koskevat ennusteet. Niiden laatimisessa käytetään hyväksi vesihuoltolaitoksen omasta toiminnasta pidettyjä tilastoja. Ennustejakson tulisi olla vähintään 20...40 vuotta. Pitkäkestoisten rakenteiden ja laitteiden osalta voidaan ennustejakson pituutena pitää poistoaikaa. Suunnittelukohde määrittelee ennusteen tarkkuuden. Vedenjakelujärjestelmien ennusteiden varmuusmarginaalit voidaan jättää suhteellisen pieniksi, sillä mahdolliset ennustevirheet ovat vedenjakelujärjestelmissä

korjattavissa rakennettaessa verkostoa lisää tai uusittaessa verkkoa. (Karttunen 2010b, 15.)

Vedenjakelujärjestelmän liittymisasteen, toisin sanoen liittymisprosentin kasvua ennustettaessa on huomioon otettava jakeluverkon laajentamiseen käytettävät taloudelliset resurssit, haja-asutuksen määrä, vedenhankinnan yleinen kehitys ja muut mahdolliset vesihuoltolaitoksen jakelualueen kehitykseen vaikuttavat tekijät. Vesihuoltolaitoksen toiminta-alueella liittymisprosentin voidaan olettaa saavuttavan 100 prosenttia suunnittelujakson aikana ja nykyinen liittymisaste voidaan selvittää vesihuoltolaitokselta. (Karttunen 2010b, 15.)

Jätevesiviemärit mitoitetaan nykyisin tietokonemallinnusta hyödyntäen. Jätevesiviemäreiden mitoitus aloitetaan laskemalla jäteveden virtaamat. Maksimivirtaama on alueelle toimittavan veden määrä, jota käytetään mitoitusvirtaamana. (Lehto 2015.) Viemäreiden mitoituksessa käytettävät virtaamat lasketaan mitoituksen ohjevuoden mukaisessa tilanteessa. Suunniteltaessa viemäriä kokoa hyödynnetään jätevesien huippuvirtaamaa ja määritettäessä viemäriä minimikaltevuus viemäriä huuhtoutumisen perusteella pienimmän vuorokausikäytön aikaista suurinta tuntikäyttöä. Peruslähtökohdat viemäreiden mitoitukseen ovat:

- ohjevuosi, joka määritetään yleensä viemäriputken teknisen käyttöiän mukaan
- mitoitusvirtaamat, jotka määritetään määriteltyjen laskukaavojen mukaisesti käyttökohteen mukaan
- viemäriä tulee olla huuhtoutuva myös elinkaarensa alkupuolella, eli mahdollisesti vaihteittain etenevä aluerakentaminen on otettava huomioon. (Karttunen 2010b, 46.)

Mitoitusvirtaama käsittää jätevesivirtaaman ja vuotovedet. Kun kyseessä on erillisviemärintä, jolloin hulevesiä ei johdeta jätevesiviemäriin, mitoitusvirtaama saadaan kaavasta 1.

$$Q_{vmit} = Q_{jmit} + Q_{pmit}$$

jossa Q_{vmit} on jätevesiviemäriä mitoitusvirtaama (l/s), Q_{jmit} on jätevesivirtaama (l/s) ja Q_{pmit} on vuotovesien määrä.

Jätevesivirtaama saadaan laskettua kaavalla 2, mutta tällöin on kuitenkin huomioitava vesijohtoveden ominaiskäytön koostuminen osatekijöistä, joten siihen sisältyy myös teollisuuden vedenkäyttö. Kaava 2:

$$Q_{jmit} = \frac{k_h * k_d * P * Q_{ominaisk}}{3600s * 24h}$$

jossa Q_{jmit} on jätevesivirtaama (l/s), k_h on maksimituntikerroin, k_d on maksimivuorokausikerroin, P on viemäröintialueen asukasmäärä ja $Q_{ominaisk}$ on vesijohtoveden ominaiskäyttö (l/as/d). (Myllylä 2012.)

3.2.3 Jätevesiputket

Viemäriin tulee olla itsepuhdistautuva, joka tarkoittaa sitä, että putken pohjalle laskeutuvan sedimentin on ainakin kerran vuorokaudessa irtauduttava virtaaman vaikutuksesta ja huuhtouduttava pois. Tämä edellyttää, että virtaavan nesteen ja johdon seinämän välillä vallitsee tietyn suuruinen hankausjännitys riittävän pitkän ajan vuorokaudessa. Suomessa käytetään jätevesiviemäreissä hankausjännityksen arvoa 1,5 N/m². Eri putkimateriaalit eivät käytännössä vaikuta hankausjännityksen suuruuteen, ja tämän takia tietyille mitoitusvirtaamalle valittava putken halkaisija on yhtä suuri kaikilla putkimateriaaleilla (Liite 1). (Suomen Betonitieto 2003.) Viemäriin käytettävän putkimateriaalin täytyy olla kestävä sekä veden ja sen mukana liikkuvan kiintoaineksen aiheuttamaa mekaanista kulutusta, että viemäriveden aineiden aiheuttamaa kemiallista korroosiota vastaan. Materiaalin tulee olla mekaanisesti lujaa maasta aiheutuvan paineen vuoksi. Putkien asentaminen ja käsittely tulisi olla mahdollisen helppoa ja putkien liitoksien on oltava mahdollisimman tiiviitä. Putken virtaaman suuruutta voidaan hallita putken karheuden valinnalla, jonka tulisi olla mahdollisimman pieni. Se edesauttaa virtauksen nopeuden hallintaa putkessa. (Karttunen 2004, 472-476.)

Viettoviemäriin kaltevuuden tulisi olla optimaalinen eli kaltevuuden tulisi olla noin 1,0-4,0 ‰ riippuen putken halkaisijasta taulukon 3 mukaan. Kaltevuuden ollessa liian pieni virtaama ei pääse kasvamaan tarpeeksi suureksi huuhtoakseen pohjalle laskeutuneen kiintoaineksen. Vastaavasti kaltevuuden ollessa liian suuri virtausnopeus aiheuttaa putken mekaanista kulumista. Viemäriin minimikaltevuuden tavoitteena on, että kiintoaines huuhtoutuu ainakin kerran vuorokaudessa virtaaman vaikutuksesta. Mitoitusvirtaama lasketaan kaavan 3 perusteella:

$$Q_{jhuuht} = \frac{k_{dmin} * k_{hmax} * Q_d * P}{3600s * 24h}$$

jossa Q_{jhuuht} on viemäriin mitoitusvirtaama määritettäessä putkikokoa, k_{dmin} on minimivuorokausikäyttökerroin, $k_{dmin} * k_{hmax}$ saa likimain suuren yksi, joten ne voidaan jättää kyseisessä kaavassa huomioimatta ja P on alueen asukasmäärä. (Lehto 2015.)

Huuhtoutuvuustarkastelu suoritetaan noin 20 - 30 % osuudella mitoitusvirtaamasta ja huuhtoutuvuuden perusteella pystytään määrittämään viemäriin tarvittava kaltevuus. Virtausnopeus tulee putken huuhtoutuvuuden kannalta olla vähintään 0,6 m/s ja putken eroosion minimoimiseksi enintään 5,0 m/s. (Myllylä 2012.) Taulukossa 3 esitellään viemäreiden pienimmät ja suurimmat kaltevuudet ja virtaama-arvot. Viemäriin mitoitusvirtaama sisältää jätevesimäärän lisäksi vuotovesimäärän, ja sitä voidaan arvioida yleisesti käyttämällä arvoja 0,3 - 0,6 litraa sekunnissa vuotovettä johtokilometriä kohti. Mitoitusarvona se vastaa arvoja 25 - 50 l/m/d. Sekaviemäreiden mitoituksessa huomioon otettavaa on se, että viemäriin on johdettava sulamis-, hule- ja jätevedet samanaikaisesti, myös kuivatusvesien johtaminen jätevesiviemäriin on otettava mitoituslaskelmissa huomioon. Kun edeltä mainittu osatekijä on laskettu, voidaan jätevesiputkien mitoittaminen aloittaa. Mitoituksen jälkeen on määriteltävä johtolinjan kaltevuus, joka määräytyy useimmiten viemäriin huuhtoutumisen perusteella. (Lehto 2015.)

Taulukko 3. Jätevesiviemäreiden suositeltavia minimikaltevuuksia (Lehto 2015)

Putken halkaisija (mm)	Pienin suositeltava kaltevuus (‰)	Minimikaltevuus (‰)	Huuhtoumista vastaava virtaama minimikaltevuudella (l/s)
200	7,0	4,5	2,5
300	6,0	3,0	6,0
400	5,0	2,5	9,0
500	4,0	2,0	14
600	3,0	1,6	25
800	2,0	1,3	35
>800	1,5	1,0	-

Huuhtoutuvuustarkastelun jälkeen määritetään putkikoko, joka on Colebrookin nomogrammien (Liite 2 ja 3) mukaan paras mahdollinen johtamaan mitoitusvirtaama käytetyllä putkijonon kaltevuudella. Kaltevuutta määrää myös kadun kaltevuus ja putken peitesyvyys on täyttyttävä. Peitesyvyyden tulee olla vähintään 1,8 metriä viemäriputken vesijuoksusta

maanpintaan. Colebrookin nomogrammissa ensimmäinen k -arvo on 0,2, joka merkitsee putkimateriaalin sisäpinnan karheutta. Mitä pienempi k -arvo on, sitä liukkaampi putken sisäpinta on. Nomogrammin vasemmasta pystyakselistä voidaan tulkita viettoviemäriä mitoitettaessa kaltevuus (‰) ja vastaavasti paineviemäriä mitoitettaessa painehäviö. Vaaka-akselin eli mitoitusvirtaaman ja kaltevuuden perusteella tulkitaan teoreettinen putken sisähalkaisijan koko ja se pyöristetään ylöspäin lähimpään kokoon. Taulukosta saadaan näiden tietojen perusteella luettua myös virtausnopeus ja se on tulkittavissa nomogrammin oikeasta alakulmasta. Suurin virtausnopeus saa olla yleensä enintään 2,5 - 5,0 m/s, suuremmilla nopeuksilla viemäri voi vahingoittua. (Lehto 2015.) Viemärin huuhtoutuvuus varmistetaan putken koon valinnan jälkeen (Myllylä 2012). Huuhtoutuvuus voidaan tarkistaa siihen tarkoitettulla käyrästä (Liite 3) tai se voidaan laskea kaavalla 4:

$$T = \gamma * g * l * R$$

jossa T on hankausjännitys N/m², γ on veden tiheys 1000 kg/m³, g on gravitaatiovoima 9,81 m/s², l on putken kaltevuus m/m ja R on hydraulinen säde (m). (Lehto 2015.)

3.2.4 Jätevesipumppaamo

Jätevesi pyritään johtamaan viemäreissä vapaana painovoimaan perustuvana virtauksena. Maaston korkeussuhteet voivat kuitenkin olla epäsuotuisat painovoimaan perustavalle viemäröinnille, jolloin on turvauduttava pumppaukseen. Pumppaamon osiin kuuluvat pumppaamorakennus, joka tehdään joko osittain tai kokonaan maanalaiseksi. (Karttunen 2004, 487 - 488.) Maanalaisessa osassa on imuallas, josta pumpput pumppaavat jäteveden paineellisessa viemäriputkessa. Näiden lisäksi esipuhdistus-, ilmanvaihto-, käynnistin- ja hälytinalitteet ovat pumppaamon laitteistoon, kokoonpanoon ja rakenteeseen kuuluvia laitteita ja kokonaisuuksia (Myllylä 2012). Rakennuksen koon määrittävät sinne asennettavat laitteet ja koneet, ennen kaikkea pumpput (Kuva 6). Pumppaamon imualtaan tilavuuden tulee olla niin suuri, etteivät pumpput joudu epäedullisemmassakaan käyttötilanteessa käynnistymään useammin kuin 4...6 kertaa tunnissa. Toisaalta allas ei saa olla liian suuri viemäriveden pilaantumisen estämiseksi esimerkiksi yöaikana. Optimaalinen imuallas on suuruusluokaltaan 3,5...4 kertaa pumppujen tuotto minuutissa. Pumppaamon kaikki tilat on varusteltava tehokkailla ilmanvaihtolaitteilla hajuhaittojen minimoimiseksi. (Karttunen 2004, 487 - 488.) Jätevedenpumppaamot, joiden säiliöt ovat betoni-, lasikuitu- tai lujite-muovirakenteisia on tavallisesti varusteltu vähintään kahdella pumpulla (Ronkainen 2016).

Paineviemärilinjojen yhteydessä vallitsee pumpputyypinä nopeuseriaatteella toimiva keskipakopumppu. Se koostuu akselista ja siivekkeistä muodostuvasta juoksupyörästä sekä kierukan muotoisesta pumppukammioista. Juoksupyörässä nesteelle muodostuu keskipakovoiman vaikutuksesta voimakas liike-energia, joka muunnetaan painenergiaksi pumppukammion kierukan asteittain laajenevan muodon ansiosta. (Karttunen 2004, 27 - 29.) Pumpun tärkeimmät ominaisuudet ovat nostokorkeus sekä pumpun tuotto. Valintaan vaikuttavat myös paine- ja kapasiteettivaatimusten ohella pumpattavan nesteen laatu, siinä olevien kiinteiden aineiden määrä sekä niiden raekoko. Keskipakopumppuja käytetään märkä ja kuiva asenteisesti tai uppopumppuna. (Ronkainen 2016.) Pumppujen toimintaa säädellään taajuusmuuttajilla, joiden avulla voidaan pumpun pyörimisnopeutta säätää portaattomasti jätevesivirtaaman vaihteluiden mukaisesti. Tällä toimintatavalla säädetään mahdollisimman tasainen virtaama hyvin energiatehokkaasti. Niiden käyttö vähentää pumppujen energiankulutusta merkittävässä määrin. (Ronkainen 2016.)



Kuva 6. Jätevesipumppuja pumppaamorakennuksessa

4 VIEMÄREIDEN KUNTOTUTKIMUS

4.1 Viemäreiden kunnossapito

Viemäristöön luokitellaan kuuluvaksi jätevesien johtamista varten tarpeelliset tunneli-, putki- ja avoviemärit, tarkastuskaivot sekä jätevedenpumppaamot. Toimintavarmuuden takaamiseksi viemärilaitospuolella tarvitaan aktiivista tarkkailua, jotta viemäristön heikko kunto ja toimintahäiriöt tulisivat ajoissa todetuiksi ja korjatuiksi. Mahdolliset viemäristön toimintahäiriöt voivat pysyä piilevinä ja aiheuttaa vahinkoja, jotka ovat myöhemmin vaikeasti korjattavissa. (Karttunen 2010a, 147.) Viemäristön toimivuuden takaava toiminta jaotellaan seuraavasti:

- ennalta arvaamattomat työt, kuten sulatukset, tukkeumien aukaisut, sortumien korjaukset
- määräaikaiset työt, kuten keväisin ja syksyisin suoritettavat tarkastukset, pumppujen ja muun varustuksen huollot
- harkinnanvaraiset työt, kuten maastoon merkitsemiset ja kokeilu- tai kehittämistoiminta. (Karttunen 2010a, 147.)

Kokonaisuudessaan viemäriverkoston kunnossapito pitää sisällään kunnossapitosuunnittelun, kunnossapitotyöt ja verkoston tarkkailun, viemäreiden paikallistamisen ja niiden kunnan tutkimisen, viemäreiden huuhtelun, kuvaukset sekä viemäreiden sulatuksen. (Karttunen 2010a, 147 - 148.) Kunnossapitotarpeen määrään ja laatuun vaikuttaa johtoverkoston ikä ja kunto. Arviointi tehdään verkon tilan yleisarvioinnin perusteella, jossa voidaan käyttää apuna johtokarttoja, luetteloita olemassa olevista laitteista, kunnossapito- ja työpäiväkirjoja, tilanne- ja havainne karttoja, putkirikkoselvityksiä, laitteistonhuoltokortteja, vedenkäyttäjien ilmoituksia ja ennen kaikkea kunnossapitotöissä karttunutta käytännön tietoa. Erityisesti ikääntyneitä verkosto-osuuksia on määräaikaisesti tarkkailtava ja havainnoista pidettävä tilastoa, jotta tietoja voidaan käyttää esimerkiksi saneerausten suunnittelussa. Vanhat viemäriosuudet vaativat kunnan seurannaltaan muun muassa verkon tiiveyden tutkintaa, hulevesien virtaamatietoja johtuessaan jätevesiviemäriin, korroosio- ja routa- sekä jäätymisvaurioiden tarkkailua. Myös olosuhdetekijät vaikuttavat kunnossapitoon, kuten putkien sisäiset ja ulkoiset korroosio-olosuhteet, putkien kaltevuuksien liiallinen suuruus tai pienuus, laadultaan suuresti poikkeavat jätevedet, latvaviemäreissä mahdollinen virtaaman pienuus, vuodenajat, putkikoko, käytetyt materiaalit, suunnittelun tarkkuus ja työn laatu, sekä varaosa- ja tarveainevaraston optimaalinen riittävyys. (Karttunen 2010a, 146 - 150.)

4.2 Viemäreiden kuntotutkimus

Viemäreiden kuntotutkimukseen soveltuvia tutkimusmenetelmiä ovat muun muassa tv-kuvaukset (Kuva 7) ja pintatutkatutkimukset (Kuva 8-10), vuotovesiselvitykset, tarkastuskaivojen kuntoselvitykset ja mahdolliset muut selvitykset, kuten näytepalojen analysointi ja painumamittaukset. Viemäriverkostoja tutkitaan nykyisillä menetelmillä alle 4 % vuodessa ja saneeraustoimia kohdistetaan alle prosenttiin koko viemäriverkkojen määrästä Suomessa. Putkien käyttöikään ja samalla tarvittavaan kuntotutkimusten suorittamisen taajuuteen, frekvenssiin, vaikuttavat paitsi putken ominaisuudet, myös kasvillisuus, jäteveden laatu ja määrä, maaperä, liikennekuorma sekä äkilliset muutokset putkilinjojen läheisyydessä (rakennustyöt, räjäytystyöt, kaivutyöt ja niin edelleen). Putkien kuntotutkimuksia ja niistä saatavia tietoja tulee tarkastella jatkuvana prosessina ja tiedot tulisi päivittää vastaamaan todellisuutta riittävän usein, esimerkiksi kerran vuodessa. Verkkojen kuntotiedot ja tietojen hankkimiseen tähtäävät toimenpiteet vaihtelevat kaupungista ja taajamasta riippuen suuresti toisistaan ja sen vuoksi esimerkiksi käytettävät tutkimusmenetelmät, raportointi, saneerausmenetelmät, kunnon määrittely ja terminologian vaihtelu on suurta. (Lampola & Kuikka 2018.)



Kuva 7. Viemärikamera



Kuva 8. Ultraäänellä veden pintaa mittaava pintatutka



Kuva 9. Pintatutka kaivoon asennettuna

4.3 Tyypilliset virhelähteet viemäriverkon kunnon mallintamisessa

Viemäriverkoston kuntotarkastuksessa tyypillisiä virhelähteitä ovat muun muassa lähtöaineistoiksi toimitetut verkostokartat. Ne sisältävät tavallisesti puutteellista ja epätarkkaa tietoa verkoston osista ja tehdyistä saneeraustoimenpiteistä. (Forsman 2019.) Verkoston osista on vaikeasti saatavilla rakennusaikaista tarkemmittauksiin perustavaa verkostokarttaa. Kartat koostuvat toteutetun ja suunnitellun verkoston kokoelmasta ja kartta-aineiston läpikäynnissä tulisi havaitut puutteet täydentää yksityiskohtaisin tarkemmittauksin, jotta mallinnuksessa käytettävä verkosto vastaisi olemassa olevaa tilannetta. (Ronkainen 2016.)

Käytettävät automaatiojärjestelmät esimerkiksi jätevedenpumppaamoissa antavat erisuurisia ja vaihtelevia mittasuureita ja mittayksiköt tulee muuttaa yhteismitallisiksi yksikönmuunnoslaskelmien avulla. Pumppaamoilta saatavissa virtaamatiedoissa voi esiintyä epätarkkuutta. (Ronkainen 2016.) Virtaamatiedot perustuvat tavallisesti astiamittaukseen, joka on määritetty pumppaamon ala- ja ylärajan välisen säiliötilavuuden ja pumppauskertojen lukumäärän sekä pumppaukseen menevän ajan perusteella. Kuitenkin jatkuva virtaus pumppaamosäiliöön, pumppauksenkin aikana edesauttaa epämääräisyyttä astiamittaustuloksissa. Virtaamamittareilla saatava virtaamatieto ja sen mittaustulokset ovat huomattavasti astiamittauksen perusteella saatua mittaustulosta tarkempaa. Virheellisyyttä voi kuitenkin aiheutua virtaamamittarin asennusvirheistä, kalibroinnin ja huoltotoimenpiteiden suorittamatta jättämisestä sekä mittausjärjestelmien datakatkoista. Myös inhimilliset virheet voivat vaikuttaa epätarkkoihin tuloksiin verkostossa suoritettavissa virtaamamittauksissa esimerkiksi tarkastuskaivoon asennettavan mittauslaitteiston ja vedenpinnan korko-aseman määrittämisessä ja mittaustulosten raportoinnissa sekä analysoinnissa. (Forsman 2019.)

5 VUOTOVEDET

Vuotovesiksi määritellään sellaiset vedet, jotka tulevat tahattomasti viemäriin ympäröivästä maaperästä tai kaivannon täytteestä vuotavien putkiliitosten, huokoisten putkiseinämien, särkyneiden putkien tai viallisten tarkastuskaivorakenteiden kautta. Niihin luetaan kuuluvaksi myös viemäriin suunnitellusti johdetut rakennusperustusten ja vastaavien rakenteiden salaojituksesta kertyvät kuivatusvedet. (Karttunen 2004, 464.) Vuotovedet voidaan jakaa kahteen eri luokkaan niiden vuototavan perusteella, jotka ovat suotautuvat vuotovedet ja pintavaluntana vuotavat vuotovedet. Suotautuvat vuotovedet ovat yleensä peräisin pohja- ja vajovesistä, jotka suotautuvat jätevesiverkostoon vuotovetenä rikkoutuneen putkiston läpi tai epätiiviiden liitosten ja kaivonrenkaiden välistä. Pintavaluntana vuotavat hulevedet vuotavat jätevesiverkostoon siihen luvattomasti liitetyistä sadevesijärjestelmistä, ojiin tai muihin alaviin maastonkohtiin rakennettujen kaivojen kautta, vuotavien kaivonkansien sekä epätiiviiden ja rikkinäisten kaivonrenkaiden kautta. (Salmi 2019.)

5.1 Vuotovesien vaikutukset viemäriverkostoissa

Viemäriverkostojen vuoto- ja hulevesien määrä on vuosina 1977...1999 vaihdellut 54 miljoonasta kuutiometristä 240 miljoonaan kuutiometriin. Vuoto- ja hulevesiä oli edellä mainittuna ajanjaksona keskimäärin 130 miljoonaa kuutiometriä, joka käsittää 24 prosenttia koko jätevesivirtaamasta. Vuotovesien merkitys on kasvanut sitä mukaa kuin veden käsittely on tehostunut ja on perusteltua kiinnittää huomiota kaikkiin mahdollisuuksiin pienentää käsiteltävien vesien määrää verkostoissa. Vuotovedet ovat alun perin puhdasta vettä eikä näin ollen sen käsittelylle ole tarvetta. Vuotovedet purkautuisivat vesistöön ja hyväksyttävällä laadulla, mutta viemäriverkosto ei ole täysin tiivis ja näin ollen vuotovedet pääsevät verkostoon. Sen merkityksen lisäksi, mitä vuotavilla viemäreillä on itse viemärilaitokselle, aiheuttavat vuotavat viemärit myös pohjaveden pinnan alenemista viemärien lähiympäristössä ja aikaa myöten vaikutukset voivat laajentua. Maalajien ollessa kokoonpuristuvia vuotavan viemäriverkoston välittömässä läheisyydessä, saattaa maanpinnan muutoksia esiintyä esimerkiksi maanpinnan painumista. (Karttunen 2004, 465.)

Vuotovedet ovat usein kylmempiä kuin talousjätevedet ja siten laskevat tulevan veden lämpötilaa jätevedenpuhdistusprosessissa. Biologinen prosessi häiriintyy ja kylmemmät vuotovedet vaikuttavat biologisessa prosessissa etenkin typenpoiston tehokkuuteen. (Laitinen ym. 2014.) Vuotovesien johtaminen jätevesiverkostossa sekä käsittely jätevedenpuhdistamolla on niiden vähäisen ravinnekuormituksen vuoksi useimmiten perusteetonta. Vuotovedet viemäriverkostossa aiheuttavat vesihuoltolaitoksille erilaisia kustannuksia niin verkoston operointi- kuin investointivaiheessa. Vuotovesimäärien hillitsemisellä voidaan

vaikuttaa myös viemäröintijärjestelmien optimaaliseen toimintavarmuuteen (Saarnio 2019.) Vuotovesien pääsy viemäriverkostoon aiheuttaa verkoston ja jätevedenpuhdistamoille kapasiteettiongelmia sekä mahdollisia prosessinohituksia ja ylivuotoja. Vuotovesien määrää vähentämällä on mahdollista estää kapasiteetin vajeesta johtuvia investointikustannuksia sekä jätevedenpumppaamoilla että puhdistamoilla. Samalla vuotovesien minimoinnin tehostus ehkäisee ylimääraistä sähkönkulutusta ja jäteveden käsittelystä johtuvaa energian- ja kemikaalienkulutusta. (Lampola, Yrjölä & Laakso 2014.)

5.2 Vuotovesien määrään vaikuttavat tekijät

Vesien vuotaminen viemäriverkostoon on monen tekijän yhteisvaikutus ja johtuu erinäisistä syistä, kuten vallitsevista sadeoloista, pohjaveden pinnan asemasta, maaperän ominaisuuksista, rakennusmateriaalista, asentajien ammattitaidosta, laittomien liitäntöjen olemassaolosta sekä vesistöjen läheisyydestä verkoston suhteen. (Karttunen 2004, 465.)

Sadannat vaikuttavat vuotovesien määrään joko suoranaisesti tai pohja- ja hulevesien välityksellä. Sadanta pääsee suoraan viemäriputkeen vuotavien tarkastuskaivojen ja kattojen syöksyrännien kautta. Viemäriputkistoa ympäröivä täytemaa on tyypillisesti helpommin läpäisevää kuin koskematon maaperä, jolloin hulevedet pääsevät helpommin imeytymään. (Karttunen 2010a, 120.) Tarkastuskaivojen epäsuotuisa sijainti maastollisesti alavimmissa kohdissa tai painanteiden pohjilla yhdistettynä kaivon kansien huonokuntoisuuteen edesauttaa huomattavan vuotovesimäärän jätevesiviemäriin virtaamiin. Viallisen kaivon kannen läpi tunkeutuva hulevesivirtaama voi olla kannen koon mukaan 1,7-5,0 litraa/sekunnissa. (Ronkainen 2016.) Kaivot voivat päästää merkittäviä määriä vuotovesiä verkostoon esimerkiksi tietyn tyyppisillä rakennetuilla alueilla, joissa ei ole sadevesiviemäriä tai liitännät on tehty luvattomasti, ja joissa maaperä on kalliota eli luonnollista hydrologista imeytymistä ei pääse tapahtumaan. Talojen katot ja asfaltoidut alueet muodostavat suuria sadeveden keräilyalueita, ja kaivon kansien pieni, noin yhden cm²:n kokoinen reikä voi päästää viemäriin merkittäviä määriä vuotovettä, varsinkin rankkasateiden aikana. (Forsman 2019.) Vuotokohdasta viemäriputkeen tunkeutuvalla virtaamalle voidaan esittää kaavan 5 mukainen yhtälö:

$$Q = c * h^{3/2}$$

jossa h on painekorkeus ja c on putki- ja liittomateriaalista johtuva vakio. Yhtälöä voidaan hyödyntää sekä betoni että saviputkista rakennettujen viemärien vuotomäärien arviointiin. (Karttunen 2004, 465.)

Viemäriin rakennusmateriaali voi vaikuttaa vuotojen määrään. Epäsuotuisissa olosuhteissa betoniputket syöpyvät korroosion vaikutuksesta puhki varsin nopeasti, jopa muutamassa

vuodessa. Korroosion muodostumiseen betoniputkissa edesauttaa happamat teollisuuden jätevedet tai putkiston riittämätön ilmanvaihto. Myös liian pieni virtausnopeus johtuen pienestä pituuskaltevuudesta aiheuttaa viemärivereden sisältämän orgaanisen aineksen anaerobista hajoamista ja näin ollen viemäristöön voi syntyä esimerkiksi haitallisia rikkivetyjä. (Karttunen 2004, 465.)

Maalajin ominaisuuksilla on ratkaiseva merkitys viemäriin päätyvän veden määrään. Mitä läpäisevämpää maalaji on, sitä kätevämmän vesi saattaa päästä vuotokohtaan putkikaivantoa ympäröivästä maaperästä. (Karttunen 2010a, 120.) Hyvin vettäläpäisevä vesihuoltokaivannon soratäyttö toimii erityisesti hienorakeisissa maalajeissa. Siltti ja savi ovat hyviä esimerkkejä läpäisevistä maalajeista ja ne ohjaavat salaojan tapaan maaperässä liikkuvan veden tarkastuskaivojen ja jätevesiviemäreiden ympärille. Se voi muodostua salakavalan suureksi ja vettä saattaa kulkeutua vuotokohtaan laajalta kaivanto-osuudelta. (Ronkainen 2016.)

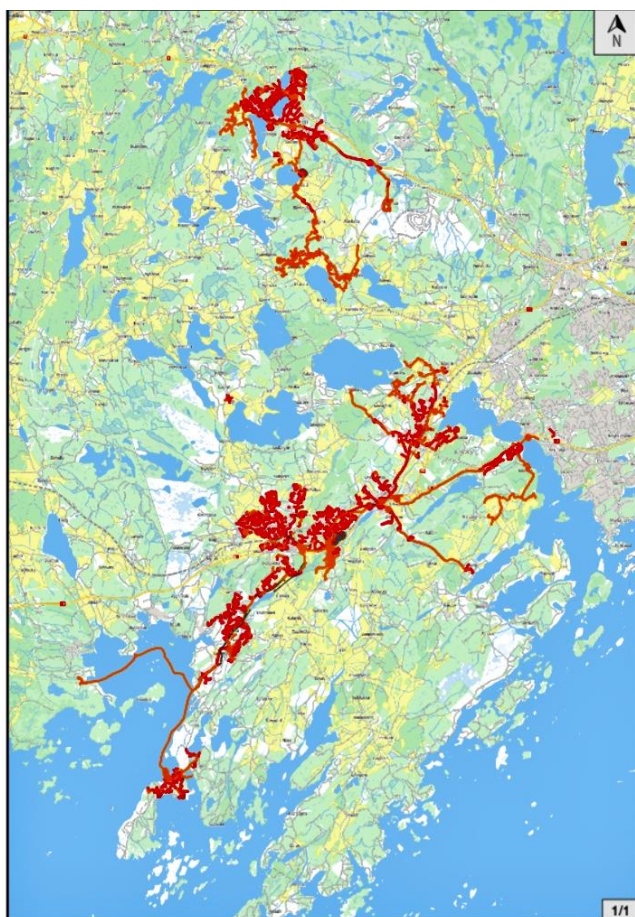
Pääosa vuotovesistä aiheutuu putkiston liitoksista. Vuotovesien rajoittamisessa on päähuomio keskitettävä liitosten tiiveyteen parantamalla liitostapoja ja lisäämällä ammattitaitoa. (Karttunen 2010a, 120.) Myös luvattomat liitokset ovat yksi merkittävimpiä huleveden kulkeutumisreiteistä. Kiinteistöjen piha-alueilta ja katoilta lainvastaisesti ohjatut hulevedet voivat aikaansaada tilapäistä tulvimista. Viemärivereden tulviminen voi aiheuttaa terveys- ja hajuhaittoja. (Ronkainen 2016.) Vuotavat vesijohto- ja hulevesiputket voivat myös lisätä vuotovesivirtaamia jätevesiverkostossa veden päästessä varastoitumaan johtokaivantoon ja vuotamalla ajan mittaan verkostoon vuotokohdista. Johtokaivanto voi varastoida merkittäviä vesimääriä, jotka lisäävät jätevesivirtaamaa pitkäkestoisesti sadetapahtumien tai lumensulamisen jälkeen. (Salmi 2017.)

Myös vesistön vedenpinnan korkeusaseman vaihtelu saattaa lisätä verkostossa esiintyvän vuotovesien määrää. Tarkastuskaivoissa olevien tulvakynnysten ja pumppaamoiden ylivuotoputkien liian alhainen korkeusasema purkuvesistön ylivedenkorkeuteen verrattuna edesauttaa vedenvirtausta johtumaan vesistöstä verkostoon. (Ronkainen 2016.) Pohjavesien vaikutus vuotovesien suhteen nähdään sellaisilla alueilla, joissa pohjaveden pinta nousee korkeammalle korkeusasemalle viemäriputkiston suhteen. Tästä johtuvat vuotovesivirtaamat vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. Suurimmillaan ne ovat heti lumensulamiskauden jälkeen, jolloin pohjaveden pinta on korkealla. Sen sijaan kuivien jaksojen aikana vuotovesivirtaamat ovat pieniä pohjaveden pinnan alhaisuuden vuoksi. Maaperän ollessa roudassa ja pakkasjakson aikana vuotomäärät ovat alimmillaan. (Salmi 2019.)

6 KIRKKONUMMEN VEDEN VUOTOVESITUTKIMUS

6.1 Kirkkonummen Vesi

Kirkkonummen Vesi on kunnan liikelaitos, joka toimii Kuntatekniikan toimialalla johtokuntansa alaisuudessa, ja se tuottaa toiminta-alueellaan asiakkailleen talousveden ja johtaa jätevedet puhdistettavaksi. Toiminta-alue (Kuva 11) koostuu Veikkolan, Lapinkylän, Masalan, Luoman, Sundsbergin, Sarvikin, Kantvikin, Upinniemen, Jorvaksen ja Tolsan alueista sekä Kirkkonummen Kuntakeskuksesta. Näistä kuusi ovat Laitamaan, Kalljärven, Tolsan, Luoman, Solbackan ja Lapinkylän vesiosuuskuntia. Kirkkonummen Veden toiminta-alueen viemäriverkosto on pituudeltaan noin 390 kilometriä ja se sisältää yhteensä 96 jäteveden pumppaamoja. Toiminta-alueella syntyvä jätevesi johdetaan Helsingin Seudun Ympäristöpalveluiden HSY:n piiriin puhdistettavaksi Espoon Suomenojan jätevedenpuhdistamolle. (Kirkkonummen Vesi 2019.) Kirkkonummi sijaitsee Uudellamaalla, Suomenlahden rannikolla ja kunnan pinta-ala on 393,58 neliökilometriä (Kirkkonummi 2019).

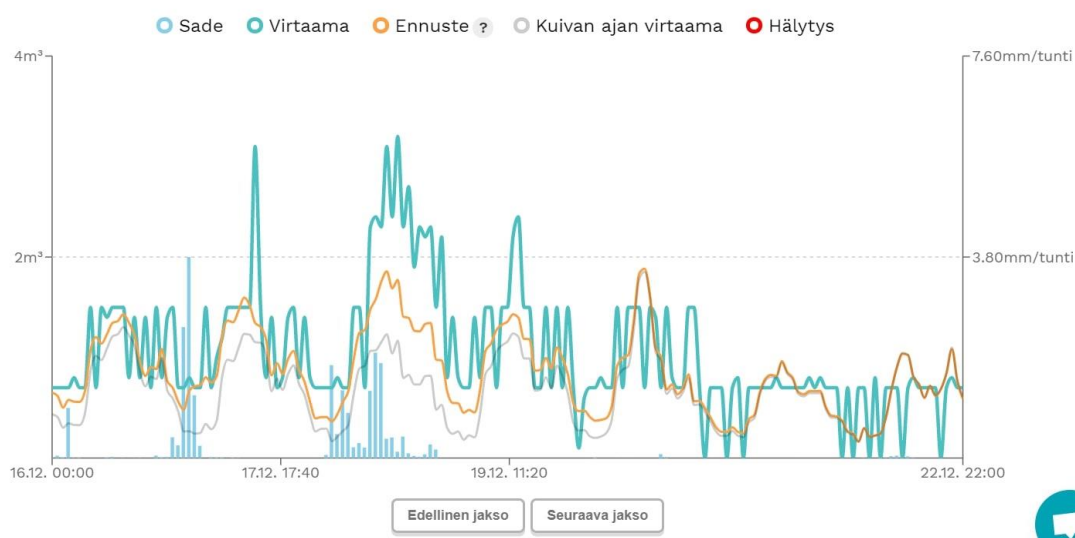


Kuva 10. Kirkkonummen Veden toiminta-alue. (KeyAqua 2020.)

6.1.1 Neuroflux

Neuroflux on verkossa toimiva palvelu jätevesiverkon hallintaan. Neuroflux sai alkunsa HSY:n vuonna 2016 järjestämässä Älykäs vesi -innovaatiokilpailussa, jossa kokeiltiin uusia tapoja hyödyntää jätevesiverkostosta kerättyä dataa. Kokeilun lopputuloksena syntyi kiinnostava idea, jota lähdettiin kehittämään yhteistyössä HSY:n kanssa. Kehitystyöstä syntyi ohjelma, joka visualisoi jätevesiverkoston tilaa ja havaitsee poikkeustilanteita. Vuonna 2018 palvelua varten perustettiin Neuroflux Oy, ja ohjelma on sittemmin otettu käyttöön useassa vesilaitoksessa Suomessa ja Ruotsissa. (Koskinen 2020.)

Neuroflux hyödyntää analysoinnissaan pumppaamoilta tulevia pumppujen käyntiaikoja ja jätevesivirtaamia. Tarkimmat mittaustulokset saadaan erillisistä magneettisista mittauksista, joita löytyy useimmista jätevesiverkoston suurista siirtolinjoista. Virtausmittaukset perustuvat yleensä astiamittauksiin ja joissakin tapauksissa ja kohteissa virtausta arvioidaan nimellistuoton perusteella pumpun käyntiajan pohjalta. Neuroflux-ohjelmassa on kiinnitetty erityistä huomiota helppokäyttöisyyteen sekä siihen, että kaikki ominaisuudet vastaavat alan todellisia tarpeita. Neuroflux:n analyysit perustuvat vesilaitoksilla jo olemassa olevaan dataan, eikä sitä varten ole tarpeen asentaa uusia antureita. Neuroflux:n ohjelmassa pumppaamoiden ja jätevesiverkoston dataan yhdistetään myös muita niihin vaikuttavia mittauksia, kuten säätietoja. Mittauksista luodaan kokonaisuus, jossa verrataan pumppaamojen reaaliaikaista toimintaa niiden historialliseen toimintaan vastaavissa olosuhteissa. Vertailun perusteella ohjelma varoittaa mahdollisista tukoksista ja tarjoaa työkaluja verkoston vuotovesien tarkasteluun. (Koskinen 2020.)



Kuva 11. Tyypillinen näkymä valitun pumppaamon virtaamista Neuroflux-ohjelmistolla. (Neuroflux, 2019.)

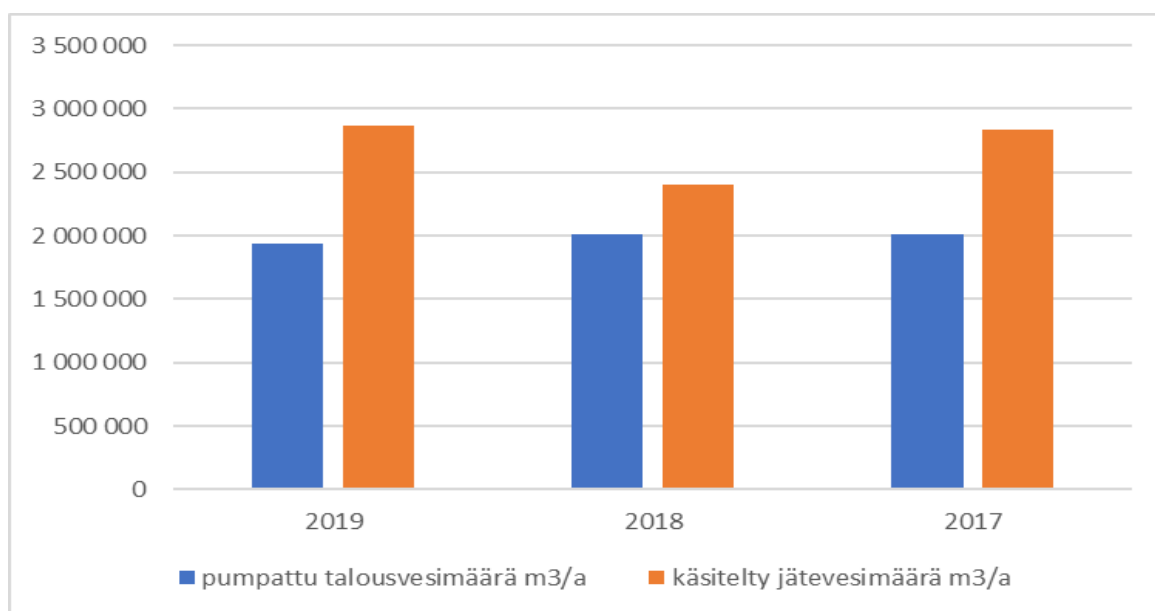
6.1.2 KeyAqua

KeyAqua on KeyPro Oy:n verkko- ja paikkatietoratkaisu vesialan ammattilaisille vesijohto- ja viemäriverkon omaisuudenhallintaan. Ohjelmiston avulla verkon omistaja, urakoitsijat ja muut sidosryhmät ylläpitävät ja jakavat verkoston tarkan dokumentaation sijainti- ja ominaisuustietoineen. KeyAqua:lla pystyy ohjaamaan hallitusti verkon saneerausta, ylläpitoa sekä sen huoltoa. Ohjelmaan on myös mahdollista liittää kaukovalvonnan mittaritiedot sekä asiakastiedotukset operatiivisen toiminnan kokonaisvaltaiseksi työkaluksi. (KeyPro, 2020.) Tässä opinnäytetyössä käytettiin KeyAqua:n tarjoamia tietoja muun muassa viemäri- ja hulevesiverkoston sekä niihin kuuluvien elementtien tarkoista ominaisuus- ja sijaintidokumenteista.

6.2 Vuotovesikartoituksen taustatiedot

Tämän opinnäytetyön alkuperäisenä toimeksiantona oli Kirkkonummen Veden toiminta-alueen pumppaamoiden valuma-alueiden kartoitus ja verkostossa tapahtuvien mahdollisten ylivuotojen paikantaminen, vuotovesien ennustaminen ja niiden kohteiden kartoitus, jossa tapahtuu epäsuotuisia virtaamia tulevaa saneerausta varten. Tällä hetkellä Kirkkonummen Veden vuotovesiprosentti on noin 30 % ja se on kasvanut vuodesta 2018 muutama prosenttiyksikön. Vuonna 2017 vuotovesiprosentti oli 35,5 % ja vuonna 2018 se oli 25 %. Kustannuksiltaan noin 30 % vuotovesimäärä verkostossa maksaa noin 1,5 miljoonaa euroa vuodessa. Kuviossa 1 nähdään pumpatun talousveden ja pumpatun jäteveden suhde viimeisen kolmen vuoden ajalta.

Toiminta-alue jaoteltiin kolmen suurimman jätevesipumppaamon kesken eli Jorvaksen, Sarvvikin ja Hindersbyn alueiksi. Alueita tutkittiin KeyAqua:n johtokarttojen avulla sekä seurattiin näiden kolmen alueen verkosto-osuuksia ja sitä kautta pienempiä jätevesipumppaamoita, jotka johtavat johonkin alueen suurempaan jätevesipumppaamoon. Virtaamatietoja seurattiin Neuroflux-ohjelmistolla, jossa seuranta tehtiin viikko kerrallaan. Myös sääolosuhteita, varsinkin sadeoloja, tutkimusjakson ajalta tarkkailtiin ja niiden mahdollista vaikutusta pumppaamoiden muuttuviin virtaamamääriin. Johtokarttojen mukaisesti linjastoista etsittiin vanhempia linjasto-osuuksia, joissa olisi todennäköistä esiintyä esimerkiksi huonokuntoisuutta verkostossa.



Kuvio 1. Kirkkonummen Veden pumpatun talousveden ja jäteveden määrät (Kirkkonummen Vesi 2019.)

6.3 Vuotovesikartoitus ja määrityskeinot

Kun alueen yleiseen käyttöön, talouskäyttöön ja teollisuuden tarkoituksiin tuleva vesimäärä tiedetään kvantitatiivisesti, voidaan jätevesipumppaamoiden virtaamatietojen avulla selvittää viemäriin tuleva vuotovesi. Laskennallisesti asumisjäteveden volyymin estimoidaan olevan sama kuin talousveden kulutuksen. Pumppaamoiden viemäriveresivirtaamat pystytään määrittelemään pumppaamoiden kaukovalvontajärjestelmistä saadun datan avulla. Myös pumppujen käyntitilastotietoja voidaan viemäriveresimäärien tarkennuksessa hyödyntää. Virtaamamittauksia voidaan toteuttaa sille tarkoitetun mittapään ja mittaustele-skoopin avulla. Erilaisilla virtaamamittareilla voidaan suorittaa tarkempaa tarkastelua muun muassa verkoston eri osista. Pumppauspiirien vuotovesimääriä tarkastelemalla ja vertaamalla voidaan paikallistaa alueet, joiden kohdalla kannattaa toteuttaa tarkempaa tutkimusta vuotovesien suhteen. Virtaamatietoja verrataan myös sademääriin. Viemäreiden jätevesivirtaaman kasvu rankkasateiden aikana viittaa tarkasteltavalla alueella tapahtuviin vuotovesiin. Virtaamatietojen tarkastelu ja vertailu ovat yksi vuotovesikartoituksen käytetyistä tutkimusmenetelmistä. (Järvenpää 2016.)

6.3.1 Savukoe

Savukokeella pyritään selvittämään, onko kiinteistön sadevesiä ohjattu viemäriverkostoon sekä verkoston tiiviyyttä (Järvenpää 2016). Savukokeessa viemäriin tai kaivoon asennetaan puhallin, joka muodostaa, esimerkiksi harmaata savua savukehittimen avulla glykoli-pohjaisesta nesteestä. Edellä mainittu savu on ihmiselle vaaratonta. Savua saadaan

halutessa myös muun värisenä, mutta harmaa savu on koettu parhaimmaksi vaihtoehdoksi, sillä se ei värjää pintoja ja se on helposti havaittavissa. Savu kulkeutuu putkistoa pitkin ja purkautuu mahdollisista vuotokohdista sekä maastosta, kiinteistöjen tuuletusputkista ja kaivojen kansista. Savukokeella pystytään etsimään ja todistamaan myös laittomia tonttiliitäntöjä muun muassa sadevesijohdantojen suhteen. Savu pumpataan viemäristöön tarkastuskaivojen kautta ja pumppaus tulisi suorittaa vastavirtaan kohti päätekaivoja, jolloin savun kulkeutuminen pystytään säätelemään viemäriässä. Savu johtuu kokoojaviemäreistä kiinteistöviemäriin ja purkautuu kaivojen kansistoista, mahdollisista viemäriin vuotokohdista tai muista vaurioituneista verkoston osista. (Tuppurainen 2013.) Savun purkautumispaidan avulla voidaan tehdä päätelmiä sadevesien ohjauksesta ja esimerkiksi savun purkautuessa syöksytorvien alta rännikaivosta, on syytä epäillä sadevesien johtamista suoraan jätevesiviemäriin. Myös lähellä maanpintaa kulkevan verkoston osan vuotokohdat voidaan havaita savun purkautumisena ilmaan maan pinnasta. (Järvenpää 2016.) Koe tulisi suorittaa kuivalla kaudella, sillä lumi ja routa voivat vaikuttaa tutkimustuloksiin ja havainnointiin. Kokeet suoritetaan ryhmissä, jolloin saadaan optimaalisin tutkimustulos. Suoritettavista savukokeista tulee ilmoittaa alueen pelastuslaitokselle hälytysten ja väärinymmärtämisen minimoimiseksi tutkittavalla alueella. Savukoea suositellaan käytettäväksi viemärien TV-kuvausten yhteydessä. Savukoe on yksi kustannustehokkaimmista työkaluista vuotovesien kartoituksessa. (Tuppurainen 2013.)

6.3.2 Kaivotutkimus

Tarkastuskaivojen kuntoselvitys on yksi vuotovesikartoituksen tutkimusmenetelmistä ja se suoritetaan silmämääräisesti. Kohteesta tarkistetaan muun muassa kaivon kannen kunto ja sen vedenpitävyys. Kaivon kannen kautta rankkasateiden aikaan vuodon määrä voi olla 0,1...0,3 m³/min. Kaivot tutkitaan systemaattisesti selvittämällä kaivon liitetyt putket, sen rakenne ja korkeusasema. Tulokset kirjataan ylös käytettävään verkoston tietojärjestelmään. (Forsman 2020.)

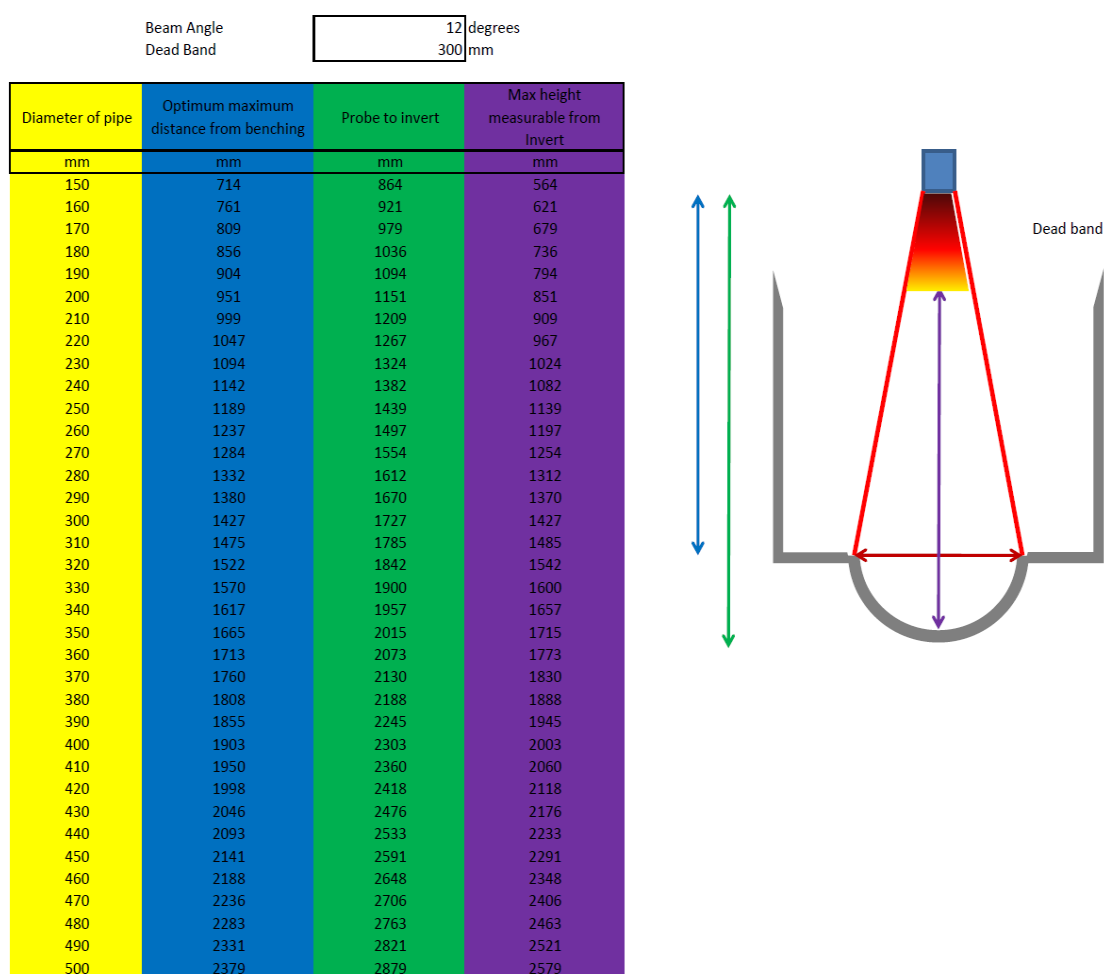
6.3.3 Viemärikuvaus

Viemäriin CCTV (Closed Circuit Television) – kuvaus on usein hyödynnetty menetelmä maanalaisten putkien ja verkosto-osuuksien kuntotutkimuksessa. Viemärien kuvauksessa putkien sisäpuoli kuvataan viemäreiden kuvaamiseen sopivalla kameralla (Kuva 7). Kuvausten kautta saadaan tietoa kuvatuksen mahdollisista vuotokohdista ja putken tilasta. Kuvauksella nähdään esimerkiksi putkiston irtonaiset osat tai putkiliitokset, putkiston muodonmuutokset sekä mahdolliset piilohaarot. Kuvauslaitteistoja on useita erilaisia ja esimerkiksi maan päältä liikuteltavan kuvausrobotin avulla saadaan putken sisäpinta

näkyviin kokonaisuudessaan. Tällaisten kuvauslaitteiden lisäksi paljon käytetään putkeen työnnettäviä (Kuva 7) kameroita, joissa kuva on kuitenkin hieman heikkolaatuisempaa johduen kameran huonosta ohjailtavuudesta. Viemärikuvaus on tutkimusmenetelmänä kallis ja suhteellisen hidas. Saatu kuvamateriaali voi olla epäselvää tai moniselitteistä, minkä vuoksi putkirikko saattaa jäädä huomioimatta. Osa kuvausten perusteella tehdyistä sanerauksista voivat epätarkan ja puutteellisen näkemyksen takia olla tarpeettomia. (Saarnio 2019.)

6.3.4 Pintatutka

Pintatutkalla (Kuva 8 ja 9) suoritettavat tutkimukset perustuvat viemärivereden pinnan muutoksiin valitulla linjastolla (Petäjä 2020). Tässä opinnäytetyössä käytetty pintatutkan toiminta perustuu ultraäänimittaukseen. Tutka kalibroidaan tietylle pinta-arvolle, yleensä viemäriässä kalibrointi hetkellä olevan virtaaman mukaisesti ja jätetään tarkastuskaivoon tietyn ajaksi, jolloin mahdolliset jätevesipinnan muutokset ja vaihtelut tallentuu tutkan tietokoneeseen. Kerätty data saadaan etäyhteydellä valittuun tietokoneeseen. Tutka pidetään valitussa tutkimuskohteessa noin viikon ajan kerrallaan. Kuva 12 esittelee tässä



opinnäytetyössä käytetyn pintatutkan asennukseen ja kalibrointiin tarvittavia tietoja muun muassa tutkittavan putken halkaisijan ja anturin optimaalisen etäisyyden tutkan kiinnitystelineestä.

Kuva 12. Pintatutkan asennus ja kalibrointiarvoja (Petäjä 2020.)

6.4 Tutkimuskohteet

Tutkimuskohteet valikoituivat toiminta-alueen kolmen suurimman pumpppaamon virtaamatietoihin ja näihin kolmeen pumpppaamoon tulevien siirtolinjojen kautta pienempiin pumpppaamoihin. Alueen laajuuden vuoksi oli aluksi myös järkevää rajoittaa tutkimusaluetta pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Kuitenkin työn laajuuden ja vaativuuden sekä asentajien kii- reisen aikataulun takia kartoitusta päätettiin jatkaa kesällä ja syksyllä 2020. Tässä opin- näytetyössä esitellään tutkimuksen tuloksia marraskuun 2019 ja maaliskuun 2020 väli- seltä ajalta. Tämän opinnäytetyön puitteissa seurattiin noin 30 pumpppaamon tapahtumia edellä mainitulla ajanjaksolta. Tarkastelu suoritettiin viikkokohtaisesti Neuroflux:n antamaa dataa hyödyntäen. Samalla seurattiin ohjelman antamia sademääriä viikon ajalle, samoin kuin säätietoja valittujen alueiden osalta. Tutkimuksen ennakkotietoina kuitenkin oli epäi- lys sateen intensiteetin mahdollisesta vaikutuksesta osaan pumpppaamoista tai tiettyihin verkosto-osuuksiin. Tarkastelu tapahtui pääasiassa etätyöskentelynä ja maastokäyntejä suoritettiin muutamaan kertaan. Myös muun muassa pintatutkan ominaisuuksiin ja käyt- töön tutustuttiin tutkan toimittajien kanssa. Neuroflux:n käyttökoulutus tapahtui heti syk- syllä 2019 ja ohjelmiston koulutustapahtumia oli opinnäytetyöprosessin aikana useita. Toi- meksiantajan toiveesta tässä opinnäytetyössä esitetään tutkittuja pumpppaamoita ja tar- kastuskaivoja nimillä Pumpppaamo A, B.. ja niin edelleen. Tutkimustulosten saamiselle il- maantui haasteita vuoden 2020 SARS-Covid-19 viruksen myötä, joten tässä opinnäyte- työssä esitellään valittuja tutkimuskohteita ja joistain kohteista saatuja huomioita sekä tu- loksia. Tässä opinnäytetyössä esitellään 10 eri pumpppaamon tietoja ja lopuksi esitellään valituista pumpppaamoista tai niiden verkostoalueen saatuja tutkimustuloksia.

6.4.1 Pumpppaamo A

Pumpppaamo A on viimeinen pumpppaamo ennen HSY:n siirtolinjaa, joten pumpppaamolle kumuloituu kaikki Kirkkonummen toiminta-alueen eteläisen suunnan viemärit, samoin kuin koko Siuntion verkoston jätevedet ja näin ollen myös vuotovedet. Virtaamamäärä tarkas- tellulla pumpppaamolla on siis suuri. Keskivirtaama pumpppaamolla on $276 \text{ m}^3/\text{d}$ ja tarkas- tellun ajanjakson aikana virtaaman vaihteluväli oli $0 - 1404 \text{ m}^3/\text{d}$. Mahdolliset datakatkok- set voivat kuitenkin vaikuttaa tulosten tarkkuuteen. Alueen viemäröinnit ovat osittain sa- neerattu vuonna 2011 ja alueella on vietto- sekä paineviemärlinjaa. Materiaaliltaan linjat

ovat 200 mm PVC-putkea sekä tuleva- että lähtöviemäriputki pumppaamo A:lta 630 mm muoviputkea. Linjoista osassa on myös materiaalina vanhaa betoniputkea vuodelta 1973, jossa voi esiintyä esimerkiksi korroosion aiheuttamia murtumia. Erityisiä ongelmakohtia voi esiintyä juuri muovi- ja betoniputkien välisissä liitoksissa, joita saneerauksen myötä linjastossa KeyAqua:n tietojen mukaan esiintyy. Muoviputken liitos esimerkiksi betonikaivon on haastavaa saada täysin tiiviiksi kokonaisuudeksi. Pumppaamo A:lle ja siihen tulevien siirtolinjojen tarkastuskaivojen kuntoa kehoitettiin tarkastelemaan. Putkien liitokset muoviputkesta betoniputkeen aiheuttivat epäilystä, sillä näiden materiaalien täysi tiivistys on haastavaa, joten viemäreiden kuvausta tietyiltä linjasto-osuuksilta suositeltiin.

6.4.2 Pumppaamo B

Tarkasteltu pumppaamo on virtaamamääriltään selvästi pieni, keskivirtaama $0,35 \text{ m}^3/\text{d}$. Vaihteluväli virtaamissa tarkastelulta ajanjaksolta on $0 - 2,40 \text{ m}^3/\text{d}$. Viemäröinnit pumppaamolle ovat suhteellisen uusia, vuodelta 2011 ja materiaaliltaan 160 PVC- ja 110- PEH-putkea. Alueelle ehdotettiin tarkastuskaivojen kansien kunnon ja kaivon liitoskohtien sekä kaivon yleistä kunnon tarkastusta muun muassa halkeamien, muodonmuutosten ja irtonaisten osien varalta. Pumppaamolle etelästä tulevan jätevedenputki on saneerattu vuonna 2014 ja sen venttiilin kunto sekä liitoskohdat kehoitettiin tarkastamaan. Alueelle haasteelliseksi rakenteeksi muodostui myös käytössä oleva LPS-tekniikka linjastossa ja ajoittainen viemärin huuhteleminen on pakollista, jottei paineviemäri tukkeudu. Alueen maaston topografia on suhteellisen vaihtelevaa ja korkoeroja linjastossa on jonkin verran. Pumppaamolle tuleva viemäriputki on osittain meren alla sekä ison keräily alueen reunalla, joten mahdolliset vuotovedet ovat hyvin todennäköisiä linjastossa.

6.4.3 Pumppaamo C

Tarkasteltu pumppaamo on virtaamamääriltään pieni, keskivirtaama vuorokaudessa $1,08 \text{ m}^3/\text{d}$ ja vaihteluväli virtaamissa vaihtelee $0 - 5,0 \text{ m}^3/\text{d}$. Tälle pumppaamolle tulevat viemäri- ja rinjat ovat suhteellisen uusia, vuodelta 2011 ja materiaaliltaan sekä kooltaan 160 mm PVC - ja 110 - PEH-muoviputkea. Viemäröinti on vietto- ja paineviemäriä. Alueella on useita tonttiliittymiä, joiden liitännät verkostoon arveluttivat. Myös vääränlaiset hulevesiliitännät aiheuttavat runsaasti ongelmia varsinkin niillä alueilla, missä on ennen ollut käytössä sekaviemäröinti. Tonttiliittymät uuteen hulevesiverkkoon ovat ajoittain teknisesti haastavia saada kohtaamaan uuden linjan kanssa ja vaatii näin ollen tarkkaa suunnittelua sekä liittymäkohtien selvittämistä. Alueelle suositeltiin tarkastuskaivojen kansien pitävyyden tarkistusta, samoin kuin kaivojen kunnon ja liitoskohtien tarkastamista

muodonmuutosten, halkeamien ja irtonaisten osien varalta. Alueelle suositeltiin myös savukokeiden tekoa.

6.4.4 Pumppaamot D, E ja F

Näiden kolmen pumppaamon osalta ei saanut ajankohtaista dataa Neuroflux:sta, joten tarkastelu keskittyi enemmän KeyAqua:n avulla muun muassa alueen viemärilinjojen ikään ja kokoon, maaston topografiaan sekä rakennuskantaan. Alueen viemärilinjat ovat uusia, vuodelta 2015 160 mm PVC – ja 630 mm PE-putkea. Tarkemman tarkastelun jälkeen esiintyi epäily tonttiliittymien rajoilla sijaitsevista tulppauksista sekä niiden kunnosta. Alueelle suositeltiin samoja tutkimustoimenpiteitä, kuten aikaseisemmin mainittujen pumppaamoiden kohdalla ja sen lisäksi tulppauksien kestävyys ja oikeaoppisen asentamisen tarkistusta esimerkiksi savukokeen avulla.

6.4.5 Pumppaamo G

Tarkasteltu pumppaamo on toiminta-alueen yksi suurimmista ja pumppaamon jäteveden keskivirtaama on 232,29 m³ vuorokaudessa. Tarkastelun aikana keskivirtaamien vaihteluväli oli 0 - 1350 m³/d. Viemärilinjat kyseiselle pumppaamolle ovat vuosilta 1973, 2002 ja 2004 ja putkien halkaisijat vaihtelevat 500 mm ja 630 mm välillä. Putkikoot ovat siis suuria ja materiaaaliltaan betonia ja muovia. Myös viemäröinnit vaihtelevat pumppaamolle vietto- sekä paineviemärin kesken. Vanhat betoniviemäriosuudet ovat mahdollisia vuotovesikohteita, sillä ne voivat hyvin olla esimerkiksi murtuneita maanpaineen takia ja korroosion mahdollisuus on suurentunut. Alueelle suositeltiin tarkastuskaivojen kunnon tarkistusta, samoin kuin pumppaamon tulo- ja lähtöputkienläpivientien tarkastamista.

6.4.6 Pumppaamo H

Tarkasteltu pumppaamo on virtaamamääriltään suhteellisen pieni, keskivirtaama on 0,69 m³/d ja virtaamien vaihteluväli tarkastellulla ajanjaksolla vaihteli 0 - 6 m³/d välillä. Tarkastellun ajanjakson aikana virtaamat olivat suurempia, mitä Neuroflux-ohjelmiston arvioidut ennusteet. Viemärilinja kyseiselle pumppaamolle on betonirakenteista ja vuodelta 1973. Kyseinen viemärilinja on rakennettu haastavalla tekniikalla eli jäädyttämällä, jossa maan annetaan olla jäässä, mutta lumettomana, jolloin maaperä on kestänyt kaivaus- ja rakennustoimenpiteet. Putkikoot vaihtelevat 225 mm, 300 mm ja 315 mm kokoisista putkista. Viemärilinja on rakennettu kosteikon alle ja maan pinnalla oli huomattavissa paljon seisovia vesiesiintymiä. Alueelle suositeltiin samoja tutkimusmenetelmiä kuin aikaisemmin mainituille tutkimuskohteille.

6.4.7 Pumppaamo I

Tämän pumppaamon kohdalta ei saanut ajankohtaista dataa Neuroflux:lla, joten tarkastelu keskittyi enemmän KeyAqua:n avulla muun muassa alueen viemäriinjojen ikään ja kokoon, maaston topografiaan sekä rakennuskantaan. Alueen viemäriinjat ovat vuosilta 2006 ja 2011, 160 mm ja 200 mm sekä 225 mm kokoista muovi- sekä PVC-putkea. Johtokartan mukaan suhteellisen uudet linjasto-osuudet ovat liitetty vanhempaan, vuodelta 1974 olevaan linjastoon, joten putkien liitoskohdat aiheuttavat riskikohtia vuotovesien suotaantumiseen verkostoon. Liitoskohdat ovat vaikeita saada täysin tiiviiksi ja linjasto on paineviemäröityä. Tarkastelemalla paineviemäröityjä verkosto-osuuksia huomiota herättää siirtolinjassa jäteveden katoaminen, mikä ilmenee linjaston seuraavalla pumppaamolla virtaamamäärän vähenemisellä edelliseen pumppaamoon verrattuna. Tämä indikoi vuoto-kohtien löytymistä paineviemäröidyssä verkossa. Tälle alueelle suositeltiin tarkastuskaivojen kunnon tarkistamista sekä mahdollisen tv-kuvauksen suoritusta robottikameralla tiettyjen kaivo-osuuksien välillä.

6.4.8 Pumppaamo J

Tarkastellussa pumppaamossa vuorokauden keskivirtaama on 29,77 m³/d ja vaihteluväli tarkastellulla ajanjaksolla vaihteli 0 - 125 m³/d välissä. Kyseessä on keskikokoinen pumppaamo ja viemäriinja on vuodelta 1974. Viemäriinjan koko on 160 mm ja materiaaliltaan muovia. Linja on siis vanhaa ja korroosion mahdollisuus muoviputkellekin on suuri. Alueella on muutamia tonttikaivoja, joiden liitännöitä ei löytynyt KeyAqua:sta, jolloin mahdollisuus luvattomiin liitännöihin verkostoon on olemassa. Alueelle suositeltiin tarkastuskaivojen kunnon tarkistusta sekä savukokeiden suorittamista tonttikaivojen osalta, samoin kuin niiden mahdollisten tulppausten tiiveyden ja kunnon selvittämistä.

7 TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa käsitellään saatuja tuloksia edellä mainituista, valituista tutkimuskohteista. Kaivojen kuntoa tarkasteltiin muun muassa kansien osalta sekä maanpäällisen osuuden rakennemuutoksia ja myös maanpainaumia huomioitiin. Pintatutkaa kerittiin opinnäytetyön aikana kerran käyttämään valittuun linjasto-osuuteen.

Pumppaamo A:n kohdalla ennakkotietojen perusteella oli todennäköistä, ettei kyseiselle linjasto-osuudelle ole mahdollista tehdä suuria toimenpiteitä muun muassa suuren valuma-alueen vuoksi. Pumppaamo A:lle kumuloituu kaikki toiminta-alueen eteläisen suunnan viemärit sekä koko Siuntion verkoston jätevedet. Myös Siuntion alueen vuotovesien tiedetään olevan voimakkaita, sillä sateisena aikana varoaltaan täytyminen kestää vain noin yhden vuorokauden, kun kuivana aikana varoaltaan täytyminen kestää noin kolme vuorokautta. Ennakkotietojen perusteella kyseisen pumppaamon vuotovesitutkimus ja valuma-alueiden tutkimus on siis hyvin haastavaa ja mahdolliset saneeraustoimet kalliita. Neuroflux:n ilmoittamien sademäärien ja virtausmäärien välillä kyseisellä pumppaamolla vaikuttaa kuitenkin olevan yhteys, sillä virtaamat nousivat sateiden jälkeen ja ylittivät Neuroflux:n antamat ennusteet virtaamille. Tämä indikoi vuotovesien mahdollisuudesta tutkittua viemäristöosuudella. Alue on siis haastava suurelle saneeraukselle ja sen myötä tutkimus keskittyi pumppaamoon tulevien siirtolinjojen tarkasteluun sekä niiden materiaaleihin, rakennusvuosiin, maaston topografiaan sekä viemärointitapaan. Viemärikuvauksia ei keritty tarkastelun aikana toteuttamaan eikä kaivojen kunnon tarkistusta suorittamaan. Tutkimus jatkuu kesällä ja syksyllä 2020.

Pumppaamo B:n kohdalla tutkimuksissa havaittiin vuotokohta tulevan putken liitoksessa. Kaivotutkimukset jatkuvat kesällä ja syksyllä 2020.

Pumppaamo C:n verkostoalueella tutkimuksissa löytyi muutama pieni vuotokohta ja ristiin meneviä liitoskohtia alueen tonttijohtojen, varsinkin kerrostaloyhtiöiden osalta. Kaivotutkimukset jatkuvat kesällä ja syksyllä 2020.

Pumppaamot D, E ja F:n verkostoalueella löytyi yhdestä tarkastuskaivosta suhteellisen tyypillinen vuotovesilähde, eli ylivuotoputken kautta virtaava hulevesi. Kaivon viereinen ojamuodostelma sijaitsee korkeammalla korolla, kuin tarkastuskaivon ylivuotoputki eli kaivon ylivuotorakennelma toimii tällä hetkellä päinvastoin, kuin tarkoitus olisi. Tarkastuskaivoa tulisi korottaa, jottei vastaavaa pääse tapahtumaan. Kuvasta 12 ja 13 näkee selvästi veden kirkkauden ja puhtauden, jolloin silmämääräisesti kyseiselle vedelle ei ole tarvetta johtua jätevedenpuhdistamolle. Samalla huomattiin myös pumppaamon tuloputkessa

oleva maavesivuoto rikkiinäisen betonirenkaan kautta, joka aiheutti merkittäviä vuotovesimääriä alueen jätevesipumppaamolle.



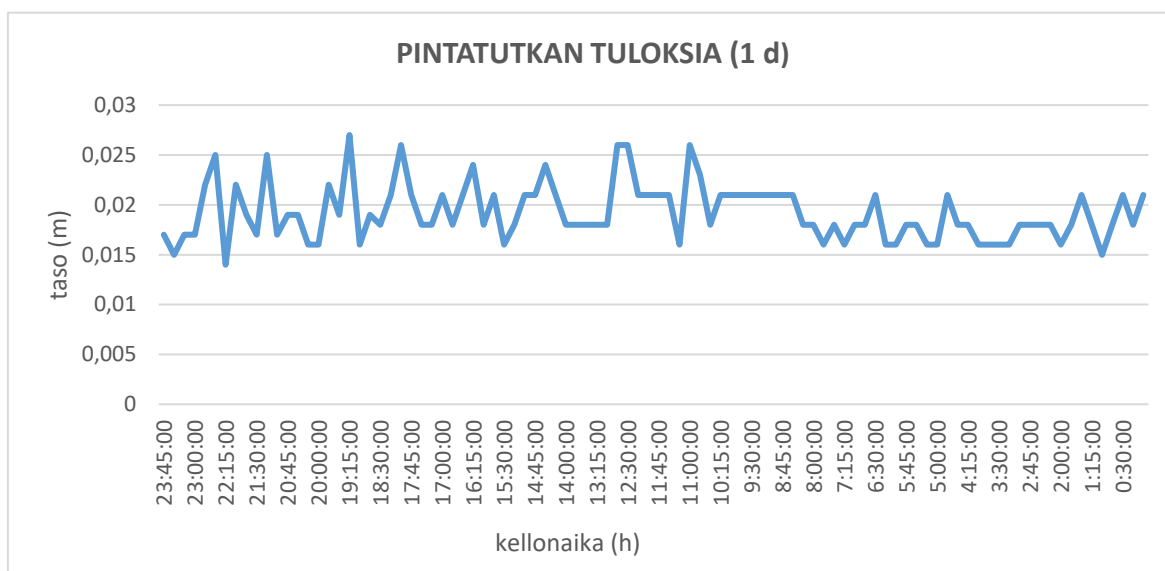
Kuva 13. Tarkastuskaivo, jossa ylivuotoputken kautta virtaa vettä viereisestä ojamuodostelmasta (Forsman 2020.)



Kuva 14. Tarkastuskaivon viereinen oja (Forsman 2020.)

Pintatutka asennettiin viikon ajaksi Pumppaamo G:n verkostoalueelle sen yhteen linjasto-osuuteen. Kuvio 2 esittää saatua dataa valitusta linjasta, jossa epäilyinä oli toisen siirtolinjan vuoto tutkittuun linjaan. Tulokset ovat yhden päivän ajalta ja pintatutka kerää ja tallentaa dataa 15 minuutin välein, Kuvio 2:ssa kellonaika on kuitenkin jäsennelty tunnin välein mitatuksi kuvion selkeyttämiseksi. Saatujen tulosten pinnan tason (m) muutokset olivat koko tutkimusajalta maltillisia, kuitenkin havaittavissa oli sateisten päivien jälkeen linjastossa tapahtuvaa pinnanmuutosta ja virtaamamäärien kasvua. Tämä siis indikoi sitä, että toisen siirtolinjan epäilty vuotaminen tapahtuu ja sen tutkimus jatkuu kesällä ja syksyllä 2020.

Pumppaamoiden H, I ja J sekä tästä opinnäytetyöstä pois jätettyjen tutkimuskohteiden kohdalla tutkimukset jatkuvat kesällä ja syksyllä 2020 ja tähän opinnäytetyöhön ei ole esittää valmiita tuloksia niiden osalta.



Kuvio 2. Pintatutkan tuloksia

8 YHTEENVETO

Suurin osa suomalaisista asuu viemäroidyllä alueella, mutta viemäriverkoston kunto on heikkenemässä ja saneeraustoimenpiteiden tarve kasvaa valtakunnallisesti. Vuotovesien osuus viemäriverkostossa kasvaa merkittävästi muun muassa rankkasateiden vaikutuksesta. Suomessa vesihuollon tehtävät ja vastuut on organisoitu valtakunnalliselle, alueelliselle ja kunnalliselle tasolle. Vesihuollon toimintaa sääntelevät eri lait ja asetukset, kuten muun muassa ympäristönsuojelulaki (119/2001) ja jätevesiasetus (157/2017). Myös kiinteistön omistajalla tai haltijalla on vastuu huolehtia siitä, että kiinteistössä on sen käyttöön ja olosuhteisiin soveltuva jätevesijärjestelmä. Viemäroinnin järjestäminen ja verkoston ylläpito kuuluvat vesihuoltolaitoksen vastuualueisiin. Yleisimpinä viemärintimuotoina käytetään erillisviemärintitekniikkaa ja sekaviemärintitekniikkaa. Verkostossa virtaavasta ja käsiteltäväksi johdettavasta jätevedestä yli 30 prosenttia arvioidaan olevan vuotovettä, joka ei sinne kuulu ja on usein pohja- ja hulevettä. Esiintyvistä vuotovedestä ei sekaviemäroinnissä ole niin merkittävästi haittaa, sillä suuret vuotovesivirtaamat auttavat viemärinhuuhtelussa, sillä ne huuhtelevat sekaviemärin tehokkaasti. Erillisviemäroinnissä asiainlaita on täysin päinvastainen. Vuotovedet rasittavat ja kuluttavat tarpeettomasti erillisviemärintiä. Vuotovesistä saattaa aiheutua erityisesti rankkasateiden aikaan ja keväisin ympäristöä merkittävästi kuormittavia ylivuotoja. Niitä voi esiintyä jätevesiverkoston pumppaamoilla sekä jäteveden puhdistamoilla. Viemäriverkostoa ei saada täysin vuotovedettömäksi, mutta sen volyyminä kyetään tuloksellisesti pienentämään oikein kohdennetuilla, vähäisillä verkoston saneerauksilla. Tehtävät laajat ja monipuoliset vuotovesikartotukset auttavat vesihuollon toiminnanharjoittajia kohdistamaan tulevat saneeraustoimenpiteet oikeille alueille.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Ikääntyvien viemäreiden kunto heikkenee ja niihin pääsee suotautumaan tai valumaan suurenevissa määrin vuotovesiä. Jotta saneeraukseen käytettävissä olevat rajalliset resurssit saadaan kohdistettua oikeille verkosto-osuuksille, tarvitaan paikkaansa pitävää tietoa viemäreiden kunnosta ja vuotovesien määrästä viemärisissä. Tämän opinnäytetyön alkuperäinen tavoite oli saada toimeksiantajalle toiminta-alueestaan kattava vuotovesikartoitus, mutta toiminta-alueen laajuuden ja siitä saatavan datan määrän sekä kartoituksen vaativuuden tutkimustyöskentelyllään vaatii lisää aikaa sekä resursseja. Kartoitusta ja maastokäyntejä suorittaneet asentajat olivat kuitenkin sidottuja normaaleihin työtehtäviin eikä aina tällaiselle tutkimustyölle riittänyt tarpeeksi aikaa. Maailmaa koskettanut SARS-Covid-19 virus toi myös omat haasteensa vuotovesikartoitukselle, kun helmi-maaliskuussa 2020 suurin osa toimeksiantajan työntekijöistä ohjattiin etätöihin ja silloin oli selvää, ettei vuotovesitutkimusta kentällä voida suorittaa aktiivisesti. Kartoitusta jatketaan kesällä ja syksyllä 2020 ja tässä opinnäytetyössä jo saadut tutkimustulokset antavat hyvää ja tarkkaa tietoa tulevalle tutkimus- ja kenttätöölle.

Tehdyt tutkimukset ja saadut tulokset kuitenkin indikoivat ennustetusti rankkasateiden vaikutuksesta vuotovesien määrään. Tutkituilta linjasto-osuuksilta löydettiin virtaamamittauksiin perustuvan datan avulla muutamia vuotokohtia sekä kaivojen rakenteellisia muutoksia ja viallisia toimintatapoja. Tutkimusta voitaisiin myös kohdentaa mahdollisten laittomien sadevesiliitännöiden etsimistä varten tietyiltä rakennetuilta alueilta. Suuret sadannat aiheuttavat nopeasti pinnoitetuille keräilyalueille merkittäviä hulevesimääriä, jolloin on erityisen tärkeää, että rakennukset on liitetty oikeaoppisesti hulevesijärjestelmiin tai hulevedet johdetaan pois lainmukaisesti. Tulevan saneerauksen osalta huomio tulisi myös keskittää suurten pumppaamoiden ja niiden siirtolinjojen kuntoon sekä toimintavarmuuteen, sillä näiden pumppaamoiden läpi virtaa suuret määrät käsiteltäväksi johdettavaa vettä, jolloin niiden optimaalinen toimintavarmuus tulee taata. Myös virtaamamääriltään pienemmät pumppaamot ja niiden toiminta-alueen verkoston kunto ja toimintavarmuus olisi järkevää ottaa tarkasteluun kustannustehokkuus syistä. Pienetkin saneeraustoimenpiteet vaikuttavat kokonaiskuvaan ja ovat myös rakennusteknisesti helpompia toteuttaa. Esimerkiksi tarkastuskaivojen uusinta saattaa pitkällä tähtäimellä tulla hyvinkin edulliseksi verrattuna vuotovesien jatkuvaan pumppaamiseen kyseisellä verkosto-osuudella. Kuitenkin tulee kustannusteknisistä syistä muistaa saneerauksen kokonaiskustannukset versus siitä saatava aito hyöty. Joissakin tapauksissa saneerauksen hintalappu voi olla huomattavasti suurempi kuin vuotovesien jatkuva pumppaaminen viemäriverkostossa jäteveden mukana.

Huomioitavaa vuotovesitutkimuksessa oli myös kaukovalvontaan ja virtaamamittauksiin perustuva tarkastelu Neuroflux-ohjelmistolla. Ohjelmisto on hyvä tukityökalu vuotovesien seurantaan varten, mutta on kuitenkin välttämätöntä edelleen käydä ja toteuttaa tutkimustoimenpiteitä maastossa paikan päällä. Ohjelmistot saattavat muodostaa virheellistä dataa esimerkiksi tietokatkosten aikana. Tällaisten ohjelmistojen jatkokehittäminen on ensiarvoisen tärkeää vuotovesitutkimusten tueksi, jotta kerätyllä datalla saadaan luotettavampaa ja tarkempaa tietoa verkoston virtaamamääristä ja sen kunnosta. Myös jatkuva tietojen tallentaminen ja päivittäminen käytettävään johtotietokarttaan on edellytys toimivan ja hyödyllisen tutkimuksen onnistumiseen. Niin sanottua hiljaista tietoa saattaa olla esimerkiksi asentajien keskuudessa tietyistä verkosto-osuuksista ja niiden ominaisista toimintatavoista, jolloin ne olisi hyvä olla tallennettuina nykyaikaiseen tietokantaan.

Tutkitun toiminta-alueen osa verkostosta on sijoitettu vanhaan merenpohjaan, jossa maan pinnalla on edelleen havaittavissa suuria, seisovia vesiesiintymiä. Tällaisten kohteiden saneeraus vaatii aikaa sekä ne ovat kustannusten puolesta merkittäviä menoeriä vesilaitokselle. Kuitenkin tämänhetkisen korkean vuotovesiprosentin perusteella pumpatusta jätevedestä maksetaan vuositasolla merkittäviä summia ja myös kiristyneiden ympäristön suojellisuuden raja-arvojen puitteissa vuotovesiin on syytä suhtautua vakavuudella. Viemäriverkostoa ei kuitenkaan saada täysin tiiviiksi koskaan, mutta vuotovesien määrää tulisi hillitä ja kartoittaa aktiivisesti. Vuotovesien suuret määrät indikoivat verkoston huonosta kunnosta.

LÄHTEET

Euroopan komissio, 2017. Yhdyskuntajätevesien käsittely. Direktiivi 91/271/ETY [viitattu 3.11.2019]. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=LEGIS-SUM:l28008&from=FI>

Forsman, S. 2019. Verkostomestari. Kirkkonummen Vesi. Haastattelu 15.10.2019.

Hulevesiopas, 2012. Hulevesien hallinta. Hulevesiopas. Suomen Kuntaliitto [viitattu 18.4.2020]. Saatavissa: <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/hulevesien-hallinta/hulevesiopas-1>

Järvenpää, T. 2016. Kiinteistöjen hulevesiselvitys Ulvilan kaupungissa. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö [viitattu 20.4.2020]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/111654/Jarvenpaa_Tuukka.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jätevesiasetus, 157/2017. Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla. Finlex [viitattu 2.11.2019]. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170157>

Jätevesiopas, 2019. Jätevedenkäsittelyn lainsäädäntö. Suomen Vesiensuojeluyhdistysten Liitto ry [viitattu 30.10.2019]. Saatavissa: <https://vesiensuojelu.fi/jatevesi/etusivu/lainsaadanto-pahkinankuoressa/>

Karttunen, E. 2004. RIL 124-2-2004. Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto IRL ry [viitattu 29.10.2019].

Karttunen, E. 2010a. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, perusteet ja toiminnallisuus. RIL 237-1-2010. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto IRL ry [viitattu 28.10.2019].

Karttunen, E. 2010b. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu, mitoitus ja suunnittelu. RIL 237-2-2010. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto IRL ry [viitattu 28.10.2019].

KeyAqua, 2020. Kohti parempaa vesi- ja viemäriverkon omaisuudenhallintaa. KeyPro [viitattu 19.4.2020]. Saatavissa: <https://www.keypro.fi/fi/tuotteet/keyaqua>

Kirkkonummen Vesi, 2019. Vesihuollon toiminta-alueet [viitattu 28.10.2019]. Saatavissa: <https://www.kirkkonummi.fi/kirkkonummen-vesi>

Kirkkonummen Vesi, 2019. Yleistä [viitattu 28.10.2019]. Saatavissa: <https://www.kirkkonummi.fi/yleista>

Kirkkonummi, 2019. Tietoa meistä. Visit Kirkkonummi. Kirkkonummen kunta [viitattu 03.11.2019]. Saatavissa: <http://www.visitkirkkonummi.fi/fi/visitkirkkonummi/tietoa-meista-2/>

Koskinen, T. 2020. Toimitusjohtaja. Neuroflux. Haastattelu 25.2.2020.

Laitinen, J. Nieminen, J. Saarinen, R. Toivikko, S. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot. Ympäristöministeriö [viitattu 17.4.2020]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43199/SY_3_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lakimuutos vesihuoltolakiin, 681/2014. Laki vesihuoltolain muuttamisesta. Finlex [viitattu 02.11.2019]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140681?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=681%2F2014>

Lampola, T & Kuikka, S. 2018. Viemäreiden kuntotutkimusopas. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 50. Helsinki [viitattu 2.11.2019]. Saatavissa: https://www.vvy.fi/site/assets/files/2519/viemareiden_kuntotutkimusopas.pdf

Lampola, T. Yrjölä, A. Laakso, T. 2014. Viemäriverkoston vuotovesien hallinnan työkalut, case HSY. Aalto-yliopisto, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos. Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut-kuntayhtymä, Vesihuolto [viitattu 30.10.2019]. Saatavissa: https://kuntatekniikka.fi/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/SKTY2015_Vuotovesien-hallinnan-keinot_-_Lampola.pdf

Lehto, K. 2015. Sekaviemäristä erillisviemäriksi. Teknis-taloudellisia tarkasteluja. Tampereen Vesi. Opinnäytetyö [viitattu 17.4.2020]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89841/Sekaviemarista+erillisviemäriksi+Teknis+taloudellisia+tarkasteluja.pdf;jsessionid=F9E2BCB8ABCED966A881FB6BB8FAC13C?sequence=1>

MMM, 2020. Vesihuollon tehtävät ja organisaatio. Maa- ja metsätalousministeriö. [viitattu 28.10.2019]. Saatavissa: https://mmm.fi/vesi/vesihuolto_tehtavat

Myllylä, H. 2012. Vesihuollon suunnitteluohje. Suunnittelukäytännöt pääkaupunkiseudulla. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinöörityö [viitattu 30.10.2019]. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/42439/Vesihuol.pdf?sequence=1>

Neuroflux, 2019. Löydä jätevesiverkoston ongelmat nopeammin ja helpommin [viitattu 11.11.2019]. Saatavissa: <https://www.neuroflux.fi/fi/>

Petäjä, T. 2020. Aluepäällikkö. Ulefos. Haastattelu 11.03.2020.

- Ronkainen, J. 2016. Vuotovesien merkitys jätevesihuollossa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö [viitattu 30.10.2019]. Saatavissa: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/123577/diplomityo_ronkainen_juha.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- ROTI, 2017. Rakennetun omaisuuden tila 2017. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL [viitattu 28.19.2019]. Saatavissa: https://www.ril.fi/media/2017/2017-vaikuttaminen/roti-2017/taustat/roti-2017_painettu-raportti.pdf
- Saarnio, J. 2019. Viemärin vuotovesitutkimus jätevesipumppaamojen sähkönkulutustietoja hyödyntäen. Vesilahden kunnan jätevesiverkosto [viitattu 29.10.2019]. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/27170/Saarnio.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Salmi, J. 2017. Kanta-Kauhavan jätevesiverkoston vuotovesien kartoitus virtaamien ja sadanta-aineistoin tilastollisen analyysin avulla. Oulun yliopisto teknillinen yliopisto. Diplomityö [viitattu 19.04.2020]. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-201711083074.pdf>
- SKT, 2020. Tehokas jätevesipumppaamo yksittäisiin kiinteistöihin. SKT Suomi [viitattu 07.01.2020]. Saatavissa: <http://www.sktsuomi.fi/tuotevalikoimamme/jatevesipumppaamols2000e/>
- Suomen Betonitieto, 2003. Betoniviemärit 2003 – käsikirja. Rakennusteollisuus RT ry ja Betoniteollisuustoimiala [viitattu 17.04.2020]. Saatavissa: <https://betoni.com/wp-content/uploads/2015/09/Betoniviem%C3%A4rit.pdf>
- Suppula, J. 2019. Siirtoviemäreiden aiheuttamat hajuhaitat ja menetelmät niiden poistamiseksi. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö [viitattu 07.01.2020]. Saatavavilla: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/161352/Suppula_Janina.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Tuppurainen, M. 2013. Viemäriverkoston vuotovesien tutkimusohje. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö [viitattu 18.04.2020]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/58717/Tuppurainen_Marko.pdf?sequence=3p://www.cee.fi/m
- Ulvi, T. 2016. Hulevesiä koskeva lainsäädäntö. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Suomen ympäristökeskus SYKE [viitattu 18.04.2020]. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen

Valvira, 2019. Talousvesi. Ympäristöterveys. Sosiaali- ja terveysministeriön hallinnonalan keskusvirasto [viitattu 7.1.2020]. Saatavissa: <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/talousvesi>

Vesihuoltolaki, 119/2001. Vesihuoltolaki 9.2.2001/119. Finlex [viitattu 30.10.2019]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

VVY, 2016. Välttämätön vesi. Vesilaitosyhdistys [viitattu 17.4.2020]. Saatavissa: https://www.vvy.fi/site/assets/files/1088/valttamaton_vesi_vvy_2016_netti.pdf

Yhdyskuntajätevesiasetus, 888/2006. Valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä. Finlex [viitattu 2.11.2019]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060888>

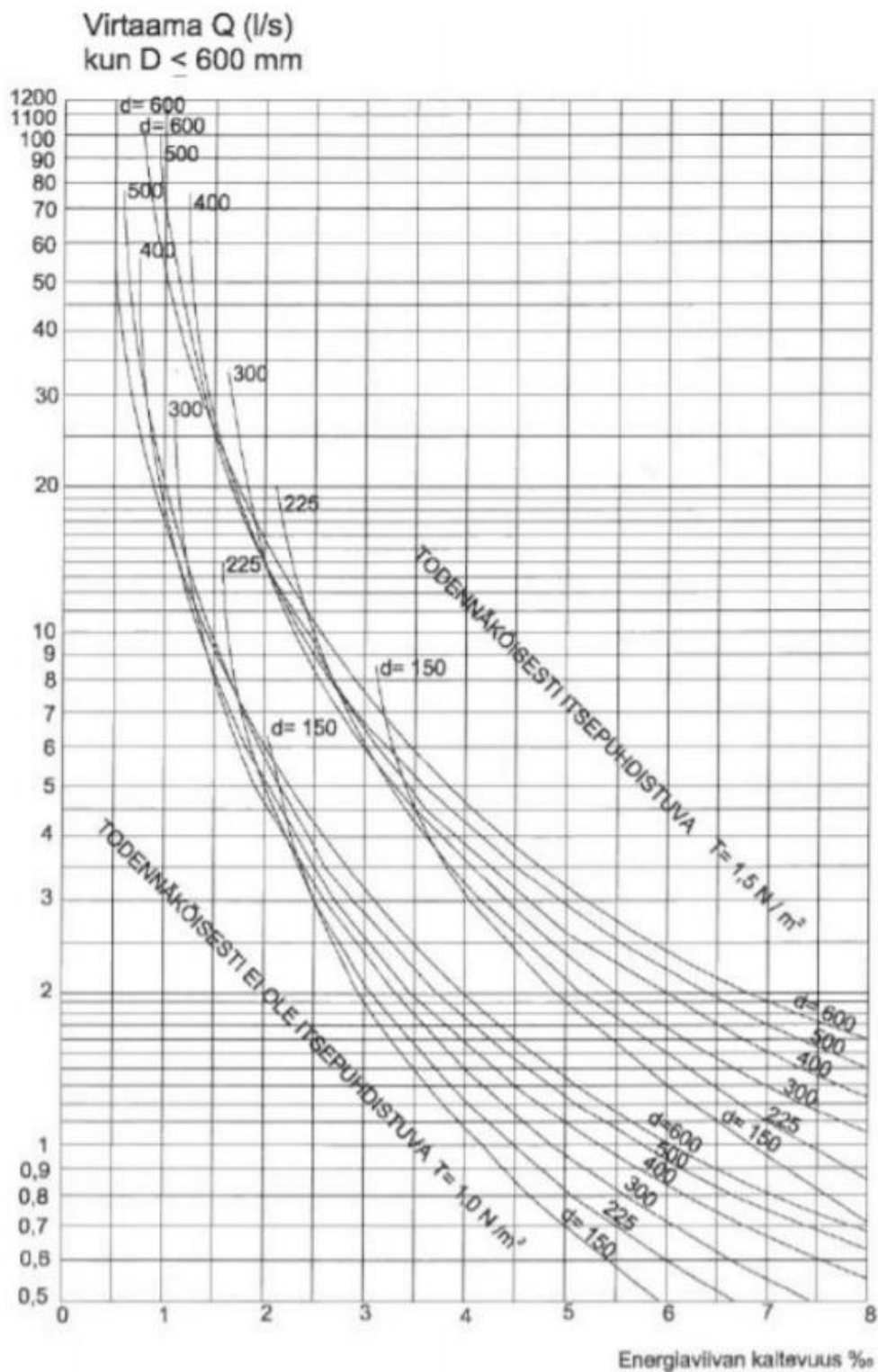
Ympäristö, 2016. Hulevesien hallinnan kehittäminen. Ympäristöhallinnon yhteinen verkko-palvelu. Suomen ympäristökeskus SYKE [viitattu 18.4.2020]. Saatavissa: https://www.ym-paristo.fi/fi-FI/Vesi/Vesiensuojelu/Yhdyskunnat_ja_hajaasutus/Hulevesien_hallinnan_kehittaminen

Ympäristö, 2016. Paras käyttökelpoinen tekniikka BAT. Ympäristöhallinnon yhteinen verkko-palvelu. Suomen ympäristökeskus SYKE [viitattu 7.1.2020]. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Paras_tekniikka_BAT/Paras_kayttokelpoinen_tekniikka_BAT\(9321\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Paras_tekniikka_BAT/Paras_kayttokelpoinen_tekniikka_BAT(9321))

Ympäristönsuojelulaki, 527/2014. Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014. Finlex [viitattu 30.10.2019]. Saatavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527#L16>

LIITTEET

Liite 1. Jätevesiviemärin huuhtoutumisen tarkastelu, kun putken halkaisija on 150-600 mm ja $k = 1,0$.



Liite 3. Colebrookin nomogrammi, $k = 1,0$.